ПРИЛОЗИ ТЕОРИЈИ ИНФОРМАЦИЈЕ

Од октобра 2020. до јануара 2021.

Rastko Вуковић
Економски институт Бања Лука (на чекању)
27. јануар 2021.

Растко Вуковић:
Прилози теорији информације
(Економски институт Бања Лука, на чекању, 2021)
https://archive.org/details/prilozi-teoriji-informacije

Груби превод на енглески:

Rastko Vuković:
Notes to Information Theory
(Economic Institute Banja Luka, on hold, 2021)
https://archive.org/details/notes-to-information-theory

Предговор

Ови прилози су спорадични, сакупљани да не буду изгубљени. Верујем да се свакоме дешавало да има неку мисао, прорачун или ставку која се негде затурила и одједном постала јако важна, а не да се лако поновити. То се дешава и са одбаченим теоријама.

Моји најбољи прилози увек су недорађени. У сталној сам фази проверавања и поправљања идеја које ми се чине занимљивима и нема смисла да се таквим ровитима озбиљније бавим промоцијом и расправама по форумима. Људи од институција траже узајамно потврђивање, ради напредовања у послу или напросто зато што су обучавани да ауторитетима верују више него себи, па је то разлог више да избегавам јавност.

Међутим, прави разлог „приватности“ ових радова је мој лични доживљај њих. Не бих се могао тркати са хиљадама бриљантних истраживача који би ове „моје теме“ развукли на све стране, не бих открића више могао сматрати својима и верујем да бих остао без инспирације. Рад у научним тимовима данас је и веома фрустрирајући (иако учесници тога често нису свесни), због чега научни радници постају осуђени на ситне кораке и евентуално на наду да ће квантитет прерасти у квалитет. Постају лица са хроничним мањком идеја и, уз све вишкове наученог, са сталним осећајем недовољне обавештености. Себе у том окружењу тешко препознајем.

Начин настанка ових прилога објашњава раштрканост њихових поенти, честа враћања на исте теме и друга понављања, сталну недовршеност. Али он сваки чини миц-по-миц помаке у теоријском откривању појма информације, да не кажем света за који овде хипотетички претпостављамо да је само од ње сачињен.

Аутор, новембра 2020.

Садржај

1. Нарушавање сличности

Растко Вуковић[1]

У „универзуму информација", који анализирам, свака (физичка) појава састоји се само од неких информација, а свака информација од неких неизвесности. Неодређеност као суштину информације наслућујемо већ из непоузданости очитавања експеримената, али и из њене дефиниције као количине опција. Најмања мера информације проста је неизвесност, али онда опет део такве постаје нека извесност.

Мање неизвесности значи више извесности. Ако постоје најмање информације, онда су оне најмање слободне (честице), оне су неизвесности које су пакети неслободних извесности. На тај начин налазимо да важи закон одржања информације. Други начин „доказа" очувања дошао би из вере у оно што опажамо експериментима. Информације које би се без разлога могле саме повећавати и смањивати, настајати и нестајати из ничега у ништа, учиниле би мерење бескорисним. Са друге стране, закон одржања иде са коначном дељивошћу, јер само бесконачност може бити свој прави део (то је дефиниција бесконачности).

Коначна дељивост узрокује слојевитост, различитост својстава различитих величина. Вертикалну многострукост света налазимо већ код првих поређења процеса квантних и већих тела, у препреласцима из микро у макро физику, али и оне су у складу са принципијелном неизвесношћу. На пример, запремина тела расте са кубом висине, а површина са квадратом, па и сама геометрија постаје саучесник теорије информације.

Сличан пример је и један задачић из процентног рачуна који се даје и ученицима основних школа. Каже се, нека кошуља је коштала 100 долара и поскупила за 10 одсто, стајала је једно време непродата и онда појефтинила 10 одсто. Њена цена није више једнака почетној!

Наиме, 10% од $100 је $10, па је повећана цена кошуље $110. Али, 10% од тог увећаног износа биће $11 и након одузимања нова цена постаје $99.

Поентирам на сразмерна повећања и смањења на која се не гледа као на сличности у геометрији, или у хомотетији, него на начин линеарног пресликавања карактеристичног за „квантне еволуције" (линеарним операторима). Још од Хајзенберга (1927) знамо да некомутативност тих оператора значи зависност квантних процеса и затим да нам говори о неодређеност његових релација: тачнијим мерењем положаја честице нетачније сазнајемо њен импулс и обрнуто.

Ова пресликавања нису та квантно-механичка, али су им тако аналогна да потврђују поменуту информатичку природу физичког универзума којем припадамо. Другим речима, идеја сразмерног повећања или смањења величина, преласка из микро у макро свет физике, такође је информација и, доследно томе, она подлеже аналогним законима физичке стварности. Имамо их у разним формама.

[1] Гимназија Бања Лука, проф. математике

Мрав може носити до 50 додатних својих тежина, човек једва своје две, а слон ни десетину себе. Рекли смо, пропорционалним увећањем површина физичког тела расте са квадратом дужине, запремина са кубом, а даље приметимо да зато опадају специфична снага (линијских) мишића, исијавање топлоте и потрошња енергије. Закони великих бројева такође се тичу другачије малих него великих, а утицај на вероватноћу нарушава и информацију.

Дефинишемо ли кораке линеарних оператора повећања величине и смањења реалтивне снаге (у односу на масу тела), установићемо њихову некомутативност и одговарајуће „релације неодређености" попут оних у поменутом „задачићу са кошуљом". Ова појава постоји свугде где имамо неку перцепцију информације.

У веома великим енергијама ране васионе деловао је „механизам" британског теоријског физичара Хигса (Peter Higgs, рођ. 1929) по којем су елементарне честице добијале масу. За то је одговорна веома велика честица, Хигсов бозон, који се распада убрзо након настанка због чега га само изузетно јаки акцелератори могу регистровати, па је прва експериментална потврда стигла из ЦЕРН-а 2010-2011. године, Фермилаба и њиховог Великог хадронског сударача (LHC), а затим и из АТЛАС-а и ЦМС-а (Compact Muon Solenoid) независно 2012. године.

Веће масе познају физичке ефекте непознате мањим. Такво је и раздвајање електро и слабе нуклеарне силе. Слаба сила делује само на даљинама мањим од атомског језгра, док се електромагнетна може проширити на велике удаљености (светлошћу звезда), слабећи „само" са квадратом удаљености. Између два протона слаба сила је око 10 милиона пута слабија од електромагнетне. Ипак, једно од главних открића 20. века било је да су ове две силе различита лица једне, једне више, фундаменталне електро-слабе силе.

До тога су дошла током шездесетих година прошлог века три физичара, Шелдон (Sheldon Glashow, рођ. 1953, амерички), Салам (Abdus Salam, 1926-1996, пакистански) и Вајнберг (Steven Weinberg, рођ. 1933, амерички). Самостално су открили да баждарно-инваријантна (gauge-invariant) теорија слабе силе произилази из електромагнетне уз помоћ четири безмасена „гласника" или носача честица, два електрично наелектрисана и два неутрална.

Кратак домет слабе силе указује да је носе масивне честице, што значи да је основна симетрија теорије скривена или „разбијена" нечим што даје масу честицама које се размењују у слабим интеракцијама, али не и фотонима одговорним за електромагнетизам. Претпостављени механизам укључује додатну интеракцију са иначе невидљивим Хигсовим пољем које прожима сав простор.

Постојање носача силе, неутралних честица Z и набијених честица W, експериментално је проверено 1983. у ЦЕРН-у. Масе честица биле су у складу са њиховим предвиђеним вредностима. Још је више несумњив закон великих бројева теорије вероватноће, али о њему сам раније већ писао а овде га само могу поменути у прилог горње тезе о пресликавању светова величина на начин информације.

2. Дуални вектори

Квантна стања и процеси,

18. oktobar 2020.

Кратка полу-популарна прича о векторима и операторима, са освртом на њихове репрезентације у квантној механици а из угла (моје) теорије информације.

Увод

Векторе прво замишљамо као орјентисане дужи. Оне су једнаке када су паралелне, исте дужине и истог смера, а наспрамне странице паралелограма сматрамо типичним једним те истим вектором. Збир суседних страница паралелограма као вектора је једна (већа) дијагонала, а њихова разлика је друга (мања) дијагонала паралелограма. Вектор множимо толиким бројем колико пута га продужавамо.

Апстрахујући, силе и брзине су вектори. Сабирање вектора сила препознајемо у потезању укопаног стуба у два правца, са резултирајућом силом једнаком дијагонали одговарајућег паралелограма. Пример сабирање вектора брзина имамо у случају реке која тече низ долину једном брзином и чамца који сече њен ток својом брзином, са резултирајућом брзином чамца у односу на обалу која одговара дијагонали замишљеног паралелограма. Изузме ли се формализовање, то важи приближно и зато што ова векторска аналогија престаје при брзинама блиским светлосним, или у јаким гравитационим пољима.

Векторски простор је скуп X, елемената које називамо векторима, са операцијом сабирања тако да $(X,+)$ има структуру Абелове (комутативне) групе. Неутрални елеменат те групе означавамо са 0 и називамо нултим вектором. Поред тога постоји скуп Φ, чије елементе називамо скаларима, а који са операцијама сабирања и множења има структуру поља $(\Phi,+,\cdot)$, са неутралним елементима у односу на ове две операције 0 и 1.

Поред тога дефинисано је и множење вектора скаларом, које сваком вектору $x \in X$ и скалару $\lambda \in \Phi$ придружује вектор $\lambda x \in X$, тако да важе аксиоме:

$$1.\ \alpha(\beta u) = (\alpha\beta)u;\ 2.\ \alpha(u+v) = \alpha u + \alpha v;\ 3.\ (\alpha+\beta)u = \alpha u + \beta u;\ 4.\ 1\cdot u = u;$$

за све векторе $u, v \in X$ и све скаларе $\alpha, \beta \in \Phi$. Тај векторски простор означавамо и са $X(\Phi)$.

Теорија и пракса

Логика може изводити апсолутно тачне доказе за разлику од експеримента, што следи из принципијелних грешака мерења. Са становишта (моје) теорије информације ово објашњење допуњавамо следећим. Када је нешто више информативно оно је више новост и долази нам из веће неизвесности, а свет је грађен само од информација. Ткиво нашег света је непредвидљивост, непоновљивост и сложеност, а комуницирамо (ми, физичка тела, честице) зато што немамо све. Никада не можемо имати све, јер тада не бисмо припадали таквом свету информација.

Узгред приметимо да је комуникација размена информација, а према реченоме она је интеракција. Нема преноса информације без дејства и нема дејства без преноса информације; та веза је толика да су дејство и информација еквивалентне појаве.

Дакле, основа света информација је непредвидљивост. Она је таква да мање информације има више предвидљивости. Где је мање многострукости више је мултиплицирања, са смањивањем сложености попут кристала пахуље снега истиче се једноставност математичких аксиома. Просто речено, смањивањем конкретног расте апстрактно и обрнуто, то је зато што је једноставност осуство сложености, а поновљивост одсуство јединствености.

У тој теорији, више информације значи мање извесности али више дејства. Према томе, колико је експерименту важније деловање утолико он има мање извесности. Што је више телесан он је мање теорема. Експериментални доказ је метода контрадикције у акцији; конкретизовањем насталим ограничавањем иначе свеприсутне и свевременске истине простором и временом.

То је информатичко објашњење ,,тајне везе'' између теорије и праксе. Теоријске поставке се понављају у различитим практичним стварима до непрепознатљивости, таман толико колико нам је тешко откривање истих модела. Апстрактне истине зато су суптилне, јер су безенергетске колико су свевремене, односно онолико су безимпулсне колико су свепросторне.

Квантна механика

Дуализам стања и процеса квантне механике је недавно откривен пример такве сложености, каже се симбиозе унитарних простора алгебре и физике микросвета. Векторски простор снабдевен скаларним (унутрашњим) производом називамо унитарним простором, а репрезентације његових вектора су квантна стања. Особине ових вектора имају и унитарни оператори, који су иначе процеси, односно еволуције квантних стања, па квантни процеси и стања имају исту форму.

Реч унитаран овде значи јединичан, може се нормирати на јединицу. У случају вектора (стања) нормираност на јединицу омогућава да компоненте вектора третирамо као расподеле вероватноћа (независних) исхода неког случајног догађаја. Такве би рецимо биле једнаке вероватноће исхода при бацању фер коцке, свака по шестину са јединичним збиром свих шест. У случају нефер коцке, вероватноће падања шест бројева биле би различите, али опет са укупним збиром један.

Скалари квантно-механичких вектора су комплексни бројеви, $\Phi = \mathbb{C}$. Знамо да за сваки комплексан број $\lambda = a + ib \in \Phi$ постоји њему коњуговано комплексан број $\lambda^* = a - ib \in \Phi$ тако да је $\lambda \cdot \lambda^* = \lambda^* \cdot \lambda = a^2 + b^2 = |\lambda|^2$ реалан број. Ови производи коњуговано комплексних компоненти вектора дефинишу њихове норме и вероватноће у уобичајеном смислу. Тако, за вектор $x = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$, дефинисан n-торком комплексних компоненти, квадрат норме биће $x \cdot x^* = |\lambda_1|^2 + |\lambda_2|^2 + \cdots + |\lambda_n|^2 = |x|^2$, а за унитарни оператор $A = (\alpha_ij)_{n\times n}$ производ са њему коњугованим је $A \cdot A^*$, а то је јединични оператор чија норма је јединица, $|A| = 1$. Иначе, када се ово множење подразумева онда тачку између фактора и не пишемо.

Уз тумачење квантног вектора расподелом вероватноће иде схватање квантног стања као суперпозиције, односно способности квантног система да буде у више могућности у исто време, до мерења. Чином мерења, односно интеракције са апаратуром, неизвесност се трансформише у једну од могућих извесности када потенцијална информација постаје актуелна. Количина неизвесности пре реализације случајног догађаја једнака је информацији након.

У случају оператора (процеса) нормираност на јединицу значи да ће оригинал и копирани вектор бити исте норме, а због нормираности самих вектора произилази реверзибилност ових оператора. Они ,,памте'' тако да за сваки постоји јединствен њему инверзан оператор чије деловање вектор копију враћа у оригинал.

Подразумева се да су унитарни оператори линеарни, да два пута примењен оператор чини двоструко већу промену, због чега они формално задовољавају претпоставке једнаке векторима. Ови оператори тако су дуални векторима на које делују и обрнуто, вектори су дуални операторима који на њих делују. Они чине узајамно дуалне векторске просторе и доследно, за простор квантних стања кажемо да је дуалан простору својих процеса.

Дуализам ће неизвесност честице током времена пресликати у еквиваленту неизвесност расопреда честица по простору. Наиме, да бисмо утврдили распоред честица крећемо се са ограничењима због којих немамо тачна сазнања о њиховим тренутним позицијама. Посебно, ограниченост брзине светлости последица је поменутог дуализма оператора и вектора!

Електрично поље делује тако да премешта наелектрисане честице, а то у дуалној интерпретацији постаје тврђење да наелектрисане честице премештају електрично поље. Такође, трансформација електрона у електрон из које нам се чини да су честице пробирљиве у односу на своје процесе, има дуално тумачење да процеси бирају стања која ће пресликавати.

Композиција

Сваки унитарни оператор могуће је представити као производ два оператора, $A = BC$, при чему један од фактора може бити унапред дат. Ако је дати оператор унитаран, онда је и други фактор унитаран. То следи из $AA^* = (BC)(BC)^* = (BC)(C^*B^*) = B(CC^*)B^* = BB^* = I$. Наиме, када су оба фактора унитарни оператори тада је $BB^* = CC^* = I$, где је I јединични оператор. Ово нам даје идеју да сваки квантни процес схватимо као композицију два процеса, који могу али и не морају бити обзервабилни.

Пример обзервабилног таквог је распад честица, спонтани процес претварања једне нестабилне субатомске честице у више других, при чему настале честице морају бити мање масивне од првобитне, а укупна маса система сачувана. Честица је нестабилна ако постоји бар једно дозвољено коначно стање у које може да пропадне, а она ће онда често имати више начина распадања, сваки са својом вероватноћом. Добијене честице могу и саме бити нестабилне и подложне даљем распадању.

Физичари честица упорно откривају нове наизглед елементарне честице, које праве помоћу посебних машина попут Великог хадронског сударача (LHC). Многе од њих распадају се у друге честице у малом делићу секунде (трилионити од трилионитог дела и мање). Тај се распад већ сада сматра судбином већине елементарних честица.

3. Потенцијал информације

19. oktobar 2020.

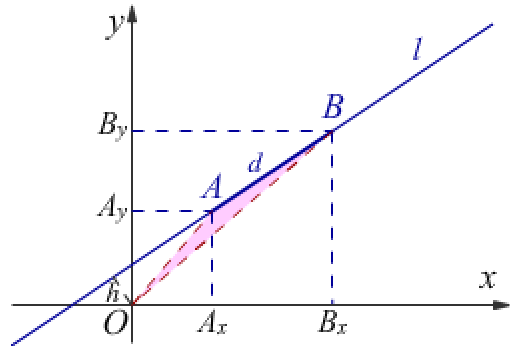
У (мојој) теорији информације, физичка информација еквивалентна је дејству, а обоје, информација и дејство еквивалентни су површини, што се се овде демонстрира на неуобичајене, а иначе познате нам начине.

Увод

Основна хипотеза теорије информације коју у тексту подразумевам каже да се простор, време и материја састоје само од информација, а да је суштина информације неизвесност. Међутим, природа се свугде труди да своју суштину избегава толико да имамо два принципијелно једнака минимализма, информације и дејства, па отуда и еквиваленција та два појма.

Комутатори

Користим прилику да демонстрирам и методу комутатора које сам развијао за потребе ,,теорије информације'' (још увек шире непознате). Израчунавања која следе можете третирати као независне примере, али које ћемо на крају повезати у једну причу.



Пример 1. У Декартовом правоуглом систему координата OXY посматрамо праву l, на којој су две тачке $A(A_x,A_y)$ и $B(B_x,B_y)$, као на слици десно. Двострука површина троугла OAB износи

$$2\Pi(OAB)=[A,B]=A_xB_y-B_xA_y \ .$$

Да је ова формула тачна доказујемо, на пример, помоћу аналитичке геометрије и израза за површину троугла детерминантом:

$$2\Pi(OAB)=\begin{vmatrix}0 & 0 & 1\\ A_x & A_y & 1\\ B_x & B_y & 1\end{vmatrix}=\begin{vmatrix}A_x & A_y\\ B_x & B_y\end{vmatrix}=(A_xB_y-B_xA_y)=[A,B].$$

Пример 2. На истој слици, удаљеност дате праве l од исходишта O износи h, а растојање између датих тачака нека је $d=\overline{AB}$. Тада је површина истог троугла $\Pi=hd/2$. Даље приметимо да клизањем тачака A и B по правој l тако да удаљеност између њих остаје сталне вредности d, дакле транслацијом дужи AB по правој l, површина троугла OAB остаје константне вредности П.

Преместимо ову слику у физички простор у којем се материјална тачка T креће по датој правој l, слободно, без дејства вањских сила. Тачка T за једнака времена прелази једнака растојања d, што значи да је површина троугла OAB стално исто Π. То важи за дату праву AB и произвољну али фиксну тачку O.

Прецизније речено, инерцијално кретање је одређено константном вредношћу наведеног комутатора $[A,B]$. Из теоријске физике знамо да се тела уопште крећу по принципу најмањег

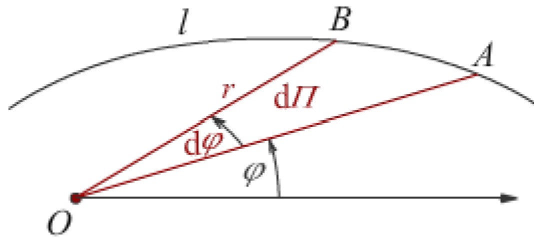
дејства, а из поменуте теорије информације додатно сазнајемо да се она крећу настојећи што је могуће мање комуницирати. Отуда закључак да су како дејство тачке *T*, тако и њена размена информација пропорционални поменутом комутатору.

Када је вредност комутатора нула, дата права садржи исходиште и можемо рећи да се тачка *T* креће окомито (ортогонално) ка или од *O*. Она уопште не комуницира са простором поља сила, него се упућује равно ка мањем потенцијалу поља.

Гравитација

Размотримо сада ово у гравитационом пољу обзиром на Кеплеров други закон: радијус вектор од Сунца до планете пребрише једнаке површине у једнаким временима.

Пример 3.
На слици лево, Сунце је у исходишту поларног система координата $Or\varphi$ које је жижа елипсе l, а планета орбитира линијом елипсе крећући се из тачке A према тачки B. Рецимо да су тачке A и B тако близу да је угао $d\varphi =< AOB$ инфинитезималан. Површина троугла OAB, при чему се лук AB у инфинитезималном може сматрати страницаом, износи $d\Pi = \frac{1}{2}\overline{OA}\cdot\overline{OB}\cdot \sin d\varphi = \frac{1}{2}r^2 d\varphi$, јер оба потега, OA и OB, су r. Радијална и окомита брзина су:



$$v_r = dr/dt,\quad v_o = \frac{rd\varphi}{dt} = r\omega,$$

па за пребрисану површину можемо писати:

$$d\Pi = \frac{1}{2}r^2 d\varphi = \frac{1}{2}r^2\omega dt,$$

а за угловни (ангуларни) моменат планете у орбити:

$$L = mrv_o = mr^2\omega.$$

Према томе, брзина преласка сразмерна је угловном моменту и једнака је $L/2m$.

Њутнови закони кажу да је брзина промене угаоног момента једнака обртном моменту сила које делују на систем. Узимамо да гравитација једина сила која делује на планету која се креће око Сунца, да она делује по потегу од планете ка центру Сунца и да зато има нулти обртни моменат. Нема полуге око те централне тачке, па је угаони моменат планете око те тачке константан.

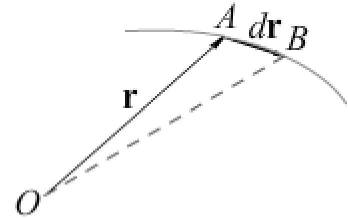
Из тога следи да је брзина брисања потегом такође константна, а то је други Кеплеров закон, да потег помете једнаке површине у једнаким временима. То су, наравно, познате ствари које управо зато наводим да нагласим да су пребрисане површине пропорционалне дејству, а ово емисији информације, односно комуникацији коју планета има са гравитационим пољем.

Главна моја теза је, понављам, да се кретања у физици уопште дешавају по начелу минимума информације и да је то управо познати принцип најмањег дејства.

Поопштавање

На следећој слици[2] десно приказан је троугао OAB разапет векторима $\mathbf{r} = \overrightarrow{OA}$ и $d\mathbf{r} = \overrightarrow{AB}$ који настаје инфинитезималним померањем $d\mathbf{r}$ тела на које делује (непозната) сила из тачке O. Обратите пажњу да ово кретање $A \to B$ не мора бити под дејством гравитационе силе (са центром у тачки O), али то мора бити константна сила, привлачна или одбојна, из O.

Пример 4.



Површина троугла OAB је половина интензитета векторског производа вектора који је разапињу, па је $d\Pi = \frac{1}{2}\mathbf{r} \times \mathrm{d}\mathbf{r}$. Њен извод по времену даје $d\dot{\Pi} = \frac{1}{2}\mathbf{r}\times d\dot{\mathbf{r}}$, а други извод $d\ddot{\Pi} = \frac{1}{2}(\dot{\mathbf{r}} \times \dot{\mathbf{r}} + \mathbf{r} \times \ddot{\mathbf{r}})$. Први сабирак десно у загради је нула, јер је векторски производ паралелних вектора нула. У другом сабирку вектор $\ddot{\mathbf{r}}$ је убрзање тела које је пропорционално сили, па има исти правац са $\mathbf{r}$. Зато је други сабирак нула такође. Дакле, $\ddot{\Pi} = 0$, а отуда $\dot{\Pi} = \text{const}$. Ако је сила гравитациона, тиме је доказан Кеплеров други закон. Међутим, сила на тој слици може бити и нека друга.

Потез (радијус вектор) од извора силе O до тела A на које сила делује, у једнаким временима пребрише једнаке површине и неких других врста сила. То ће једнако важити за гравитационе, електромагнетне, или све привлачне или одбојне силе таквог тачкастог извора.

Суштина информације је неизвесност, дакле случајност, на начин да већа вероватноћа случајног догађаја значи већу извесност његовог дешавања. Укратко, вероватнији догађаји се чешће дешавају, па отуда начело минимализма информације, да се чешће дешавају мање информативни догађаји. Примере имамо свугде око себе[3].

Принцип минимализма информације видимо у лакшем кодирању него декодирању, лакшем ширењу лажи од истина по друштвеним мрежама (лаж крије информацију), у силама које увек имају смер ка мањој информацији. Ово је новост која нам, упоређена са иначе познатим принципом најмањег дејства физике, каже да су информација и дејство еквивалентне појаве.

Епилог

Брисање потегом од извора (константне силе) до покретне материјалне тачке за једнака времена постигне једнаке површине, без обзира да ли је сила у извору нулта, гравитациона или нека трећа.

Упоредимо ли ово са принципом најмањег дејства, а овај са принципом најмање информације, закључићемо да је промена површине пропорционална дејству, односно информацији. Физичка тела се настоје кретати тако да не мењају дејство, односно информацију.

Тело се креће у разматраним пољима силе тако да му укупна енергија (кинетичка и потенцијална) остаје константна, па је она пропорционална промени површине. Како је промена површине

[2] из књиге [1], стр. 87.
[3] в. књигу [2].

пропорционална енергији, то је сама површина пропорционална производу енергије и времена, тј. дејству, а онда и информацији.

4. Енергија информације

26. oktobar 2020.

Расправља се о значају енергије за теорију информације. Нагласак је на закону одржања и процењивању смера привлачења зависно од врсте енергије односно информације.

Увод

Промена енергије током времена је физичко дејство које је због тога такође у промени. У кратком прилогу [3] је једно необично и кратко запажање закона одржања дејства, а у књизи [4] наћи ћете примера начелнг минимализма информације. Укратко, природе је грађена само информацијама, али би природа ње што мање. Због два принципа минимализма дејство и информација су еквивалнтни, тако да су обоје у промени. Други пут изречена ,,вест'' више није вест, јер је суштина информације неизвесност. Информација је мера количине неизвесности.

Хамилтонијан

Ригорозних извођења хамилтонијана има на много места, нпр. [4], па овде износим само краће објашњење. Укупна енергија физичког система је

$$H(p,q) = T(p,q) + V(q).$$

То је збир кинетичке $T = T(p,q)$ и потенцијалне енергије $V = V(q)$, где су p и q редом импулс и положај система. Ово $H = H(p,q)$ је хамилтонијан[4]. Брзина је промена положаја временом, $v = \frac{dq}{dt} = \dot{q}$, а импулс је $p = mv$, где је m маса датог система и, као што знамо, за кинетичку енергију важи:

$$T = \frac{1}{2}mv^2 = \frac{1}{2}m\dot{q}^2 = \frac{p^2}{2m}.$$

Када је систем у пољу неке силе, ту силу можемо мерити променом импулса временом, $F = \frac{dp}{dt} = \dot{p}$, рад је дејство силе на путу, $W = Fq$, а потенцијална енергија $V = -W$. Отуда изводи положаја и импулса по времену помоћу извода укупне енергије по импулсу и положају:

$$\dot{q} = \frac{\partial H}{\partial p} \text{ и } \dot{p} = -\frac{\partial H}{\partial q}.$$

Ово су чувене једначине хамилтонијана класичне механике. Њих у аналогном облику добијамо и у дргим областима физике и увек нам кажу да нема промене положаја без промене импулса и обрнуто, да без промене положаја нема промене импулса, нити се ишта од тога дешава без промене укупне енергије.

[4] William Rowan Hamilton (1805-1865), ирски математичар.

Приметимо да једначине хамилтонијана не садрже време, из чега следи закон одржања енергије, а затим и закон одржања дејства (енергија у константним временским интервалима). Даље, због еквиваленције дејства и информације и зависности ове од вероватноће, могуће је извести и законе одржања како информације тако и вероватноће. Последњи наведени закон можда је новост многима, али то не би требао бити и претходни.

Коначна дељивост

До закона одржања информације може се доћи и на друге начине. Интуитивно, верујући у оно што из мерне апаратуре добијамо експериментом, прихватамо да информација не настаје нити нестаје из ничега и да се може преносити непромењена. Додуше, оно што читамо као резултат мерења треба знати дешифровати, али томе додајмо да информација, слично енергији, може мењати свој садржај али не и количину.

Некадашњи парадокс ,,проождирања информације'' свемира од стране ,,црних рупа'', разрешен је запажањем да телу које пада ка хоризонту догађаја црне рупе време тече све спорије и да му радијалне дужине постају све краће тежећи потпуном исчезавању. Оно бива тако гравитационо привлачено да се са становишта релативног посматрача никада не нађе унутар. Информација тела које пропада само се распростире по нама ближој страни површини сфере хоризонта догађаја и тако заувек остаје ваљска.

На другом крају величина су квантне еволуције (процеси). Њих представљамо унитарним операторима. Иначе такви су ограничене сурјекције (функције преко целог кодомена) које чувају унутрашњи производ, а посебно у квантној механици, унитарним се назива линеарни оператор U чији инверзни U^{-1} је њему адјунгован U^*. То пишемо:

$$U^{-1} = U^*,\ UU^* = U^*U = I.$$

Можемо их сматрати уопштењем комплексних бројева чији модуо (апсолутна вредност) је један. Унитарни оператор чува „дужине“ и „углове“ између вектора (које пресликава) и може се сматрати врстом оператора ротације у апстрактном векторском простору. Попут хермитских оператора и својствени вектори унитарних су ортогонални. Међутим, његове сопствене вредности нису нужно обзервабле (стварне), физички мерљиве величине.

Поред познатог поменутог, наглашавам да из истих особина унитарних оператора следи својство реверзибилности квантних еволуција, а отуда и закон одржања информације. Квантни процеси добро ,,памте'' и то је врста симетрије из које опет следи закон одржања информације, сада према Нетеровој теореми[5] (где је симетрија ту је и закон одржања).

[5] в. [1], 1.14 Ема Нетер

Оно мање познато у поменутом је закључак да су информације увек коначно дељиве[6]. Зато имамо најмања дејства, у квантима. На пример, стога су и докази теорема обавезно у дискретним корацима, као и правни прописи.

Информација је количина (неизвесности), па има смисла говорити о мање такве све до дна, до неких њених атомизираних вредности. Када то мноштво случајних догађаја (попут бацање новчића, коцке и слично) сводимо на све мање и расчланимо на елементарне опите, остаје питање наставка. Информационо гледано, најмањи опит је у неком свом оптимуму, јер супротност извесности је неизвесност и обрнуто, смањивањем неизвесности настаје извесност.

Врсте енергије

Знамо за хемијску, топлотну, нуклеарну и многе друге врсте енергија. Разноврсност информација мултиплицирана је њима, начинима прелазака енергија једне у другу, а затим и трајањима таквих промена. За сада, оно што нам је од свега важно само су две врсте енергија: кинетичка и потенцијална. Аналогно то су две врсте информација: активна и пасивна.

Потенцијалну енергију, каже се, има објект због свог положаја у односу на друге предмете, напрезања у себи, свог набоја у пољу силе, или других фактора. Њено спонтано дејствовање након ослобађања објекта указује нам на општу тежњу природе. Због тога стања са нултим потенцијалом можемо узети за она ван напона, тежње изазване потенцијалном енергијом, а потенцијал одредити негативном величином. Тако су дефицитарна стања потенцијала привлачна.

На пример, тела маса M и m узајамно се привлаче гравитационом силом $F = GMm/r^2$ када су њихови центри на удаљености r, где је $G \approx 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} гравитациона константа. Гравитациони потенцијал

$$V(\mathbf{r}) = \frac{W}{m} = \int_{\infty}^{r} \mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = -\frac{GM}{r}$$

на растојању r од центра масе M може се дефинисати као рад $V = V(\mathbf{r})$ добијен премештањем јединице масе из бесконачности у дату тачку. Другим речима, већа (апсолутна вредност) потенцијалне енергије више је привлачна.

У прилогу [3] разматрана је константна укупна енергија планете (у кретању око Сунца) из чега је извучен закључак о њеној константној комуникацији са гравитацијом. Минимализам такве информације доказиван је у књизи [4], на основу доказа да су геодезијске линије кретања у гравитационом пољу уједно и путање које задовољавају принцип најмањег дејства. Овде то даље наглашавамо тезом да физички системи тежи негативнијим потенцијалима, односно стањима апсолутно већег потенцијала.

---

[6] јер само бесконачност може бити свој прави део

Због закона одржања информације планета остаје на својој (елиптичној) путањи око Сунца, а усмереност силе[7] окренута је ка (апсолутно) већем потенцијалу. Аналогно се може дефинисати потенцијал других сила и извести општи закључак да је пасивна информација привлачнија.

Пример пасивне информације је лаж, неистина. Наиме, трансформацијом (таблица вредности) релација алгебре логике, тачних вредности у нетачне и обрнуто, таутологије би се трансформисале у контрадикције, одакле закључак да је ,,свет истина'' еквивалентан ,,свету лажи''. Лаж је прикривена истина. Зато се лажи лакше шире друштвеним мрежама, зато лакше читамо фикцију од геометријских доказа, јер природа преферира пасивну информацију.

Епилог

Ово је детаљ мојих прича о информацији недалеко од енергије и зато нема осврта на логаритме, или разматрања кодирања и декодирања, првих лакших од других. Информација се тиче и разлика између неживог и живог света, јер онај (други наведени) ко је има у вишку располаже већом способношћу бирања. Она је због важности одлучивања будућа тема теорије игара, а због опција и Еверетових ,,много светова'' квантне механике.

[7] класични појам ,,силе'' треба редефинисати

5. Паралелне реалности

Независности од локалних посматрача

18. oktobar 2020.

Објективна случајност води нас у чудни свет мултиверзума, али и у лакше разумевање апсурда познате физике.

Увод

Важи претпоставка о објективности случајности. Неизвесност је толико стварна појава да неки догађај *C* може бити различито опажен од посматрача *A* и *B*. Израз ,,опажен`` слободно мењамо са ,,измерен`` или ,,у интеракцији је са``. Штавише, сви случајеви ,,опажања`` заправо су комуникације, или једнострани преноси порука, јер сматрамо да се простор време и материја састоје само од информација, нарочито дефинисане количине порука, те да је суштина информације неизвесност.

Димензије

Ако је неки простор димензије $n = 0,1,2,\ldots$, онда је и коначан скуп таквих простора димензије n. Када са њиме можемо неки други, већи простор делити на потпросторе, сваки димензије n, рецимо изоловати тзв. унутрашњост од спољашњости, други простор, надпростор, димензије је $n+1$; а ако то не можемо, надпростор је димензије веће од $n+1$. Ово је индуктивна тополошка дефиниција димензије.

На пример, тачка је димензије 0. Са две тачке на крајевима интервала можемо изоловати дати интервал линије од спољашњости, па је линија димензије 1. Коначним бројем тачака не можемо затворити област површи, што значи да је површ димензије 2 или веће. Међутим, затвореном линијом одвајамо њен део, њену унутрашњост од спољашњости, па је димензија површи тачно 2. Са затвореном површином (сфером) изолујемо унутрашњост од спољашњости простора и зато је физички простор димензије 3.

Специјална теорија релативности разматра системе у инерцијалном кретању константном брзином v. Сопствени посматрач је онај који мирује у систему S, а релативни је онај који таквог види у кретању као S'. Оба система су инерцијални (не осећају убрзање). Њихова геометрија је простор-време Минковског са главним координатним равнима: апсциса које се поклапају и паралелне су правцу кретања, сопствене x-осе и релативне x'-осе, а ординатама временским осама $x_4 = ict$, односно $x'_4 = ict'$. За имагинарну јединицу важи $i^2 = -1$, брзина светлости у вакууму је $c \approx 300\ 000$ km/s, а t (или t') је време сопственог (релативног) система.

Са становишта релативног посматрача сопствени се креће по апсциси брзином $v = x/t$, а релативни у односу на сопственог брзином $v' = -v$. Та два кретања су равноправна. Понављам добро нам познате ствари ове кинематике да не би било забуне у наставку у поенти приче. Сразмерно тзв. Лоренцовом коефицијенту

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

скраћује се релативна апсциса ($\Delta x' = \Delta x / \gamma$), а развлачи релативно време ($\Delta t' = \Delta t \cdot \gamma$).

У три-димензионалном простору координате простор-времена Минковског су $x_1 = x$, $x_2 = y$ и $x_3 = z$, са ознакама из Декартовог правоуглог система координата $Oxyz$. Када се систем креће само по апсциси онда нема промена (скраћивања, контракције) друге две координате, па је посматрање у поменутој равни често довољно за разумевање специјалне теорије релативности.

Знамо да појам истовремености није једнак за два посматрача, сопственог и релативног. У тренутку ,,сада'' оно што је ,,овде'' биће неки 3Д системи просторних координата, али они неће бити исти за та два опажања. Свеједно, 3Д простор је у стању да подели простор-време Минковског на два 3Д дела, његову прошлост и будућност, што према индуктивној дефиницији димензије значи да сваки од посматрача припада неком простор-времену димензије 4.

Проблем са детерминистичком концепцијом теорије релативности настаје када имамо једног фиксираног посматрача и два или више сопствених у кретањима различитим правцима. Како се релативне временске осе (са становишта фиксираног) морају представљати нагињањем ка правцу кретања, утолико већем што је брзина већа, то у случају бар два правца кретања (два сопствена) у 4Д не може стати сво потребно простор-време.

У физици се превиђа, или се прећутно игнорише та чињеница, да не постоји геометрија Минковског у случају више једноликих инерцијалних кретања. Међутим, три временске димензије, дакле 6Д простор-време био би довољан оквир за све такве 3Д садашњости.

До овог необичног закључка долазимо и у општој теорији релативности. Већ због немогућности да се у општем гравитационом пољу за било којег посматрача дефинише неко ,,сада'' које би било 3Д простор и раздвајало простор-време поља на прошлост и будућност, то оно има бар 6 димензија. Најједноставнији случај гравитационог поља је централно-симетрично, какво приближно имају Месец, Земља и Сунце, а свако друго може се добити коначном унијом таквих, па је онда свако димензије 6 или више.

Замислимо да у тачкама централно симетричног гравитационог поља стоје неки мали (инфинитезимални) системи координата Минковског, са апсцисама усмереним ка центру. Релативни посматрач је фиксиран негде у даљини. Он опажа скраћивање апсцисе и нагиб појединe временске осе ка апсциси који је утолико већи што је поље јаче. За смештај свих њих таман је довољно 6Д простор-време.

Сличан закључак добијамо позивајући се на (моју) теорију информације. Користимо неизвесност и дефиницију догађаја са четири координате, да се нешто десило на датом месту у датом тренутку. Ако је догађај различито опажен од различитих посматрача и десио се за једног, онда се није десио за другог. То значи да се помоћу 4 димензије простор-времена (три просторне и једне

временске) не може раздвојити реалност, рецимо на прошлост и будућност. Према томе, реалност је бар шест-димензионална[8].

Ефекти

Основни оквир за скале величина физике су Хајзенбергове релације неодређености:

$$\Delta p \cdot \Delta x \geq h/4\pi, \quad \Delta E \cdot \Delta t \geq h/4\pi,$$

где су Δp и Δx неодређености импулса и положаја (дуж исте осе) честице, а ΔE и Δt неодређености њене енергије и времена. Величина Планкове константе, $h \approx 6{,}626 \times 10^{-34}$ J $\cdot\, s$, одређује домет ових релација у свету величина физике. Понашања дејства (производа импулса и положаја, односно енергије и времена), тј. информације, различита су у микро и макро световима због њих, али и још неких законитости – које овде нису тема.

Зато што у физичком микро-свету нема јасно одређеног положаја, важиће Фуријеове апроксимације. Знамо како Фуријеов ред раставља периодичну функцију у збир синуса и косинуса представљајући је све тачније узимањем више сабирака, али и да поопштење Фуријеове методе чини исто помоћу других функција уместо тригонометријских. Овде додајемо да су те теореме у складу са релацијама неодређености и универзалношћу информације.

У претходним радовима истицао сам да могућност апроксимације функције парчићима разних функција указује на не постојање ,,облика'' у микро свету, бар не онако јасног како га замишљамо у макро свету, а овде је обрнута импликација и запажања да ставови функционалне анализе следе потребе физике.

Слично следи из недавног прилога [6]. Квантни процес, унитарни оператор, могуће је на безбројне начине раставити на факторе, увек и на производе унитарних оператора, па и онда када је један од њих задат унапред. Закључак је сада очигледан, надам се.

То значи да чувени експеримент ,,двоструки отвор`` заиста можемо објашњавати на начин како је то урадио Еверет (1957) са ,,много светова`` квантне механике. Честица-талас испред два прореза може се реализовати у било који од два пролаза, у једном је у нашој реалности а у другом је у паралелној. Међутим, она у паралелној реалности може учинити исто, па се у нашој реалности могу појавити две те честице, које ће затим интерферирати након два прореза.

Јасно је да је и мисаони експеримент ,,Вигнеров пријатељ`` такође у складу са овом теоријом. Посматрач *A* посматра другог посматрача *B* који врши квантно мерење на физичком систему *C*, а њих два затим дају различите изјаве о томе шта су видели. Два опажања система *C* могу бити различита.

Одговарајућа интерпретација такође чувеног мисаоног експеримента ,,Шредингерове мачке`` могла би имати следећи наставак. Догађај *C* је мачка у кутији, а са том кутијом у већој кутији је

---

[8] Мало другачији доказ је у књизи [8].

посматрач *A*. Изван обе је посматрач *B*. Након случајног догађаја у мањој кутији *C*, мачка је остала жива или је постала мртва, а то види *A*. Међутим, то не мора на исти начин да види *B*.

Наиме, када би квантни догађај *C* различити посматрачи увек опажали као један исти догађај, онда тај догађај не би имао неизвесност. Могли бисмо преварити (надвладати) Хајзенбергове релације неодређености, рецимо узимајући средњу вредност више посматрача и, сводећи неодређеност на класичну грешку мерења, добити процену која би се даље могла неограничено употребљавати. Али то би онда било у контрадикцији са алгебром оператора који иначе нису комутативни а из чега следи та неодређеност.

Подразумева се да се у овој ,,теорији информације'' експерименти попут [7], локалне независности посматрача, могу показати успешнима.

Епилог

Видели смо детаљ успеха теорија информације у објашњењу ,,чудних'' феномене квантне механике и повезивања њеном методом најмањег са остатком познатог света физике. Такође, да је цена употребе нове методе ширење реалности физике.

6. Вредновање страна

Једна примена информације перцепције

30. окобар 2020.

Увод

Интелигенцију a за решавање датог проблема дефинишемо као величину сразмерну количини опција, слободи s, коју субјект може перципирати са проблемом и обрнуто пропорционалну ограничењима b. Отуда је слобода датог, k-тог ($k = 1,2,\dots,n$) искушења $s_k = a_k \cdot b_k$, а укупна слобода $S = s_1 + \dots + s_n$. То је информација перцепције (књига [8]), односно животност субјекта, коју затим преносимо и на неживе твари.

Шаховски турнир

Посматрајмо шаховско такмичење на више табли, између две екипе играча са рејтингом (вредновањем). Нека прва екипа на таблама (првој, другој,..., n-тој) редом има играче са опадајућим рејтингом a_1, a_2, ..., a_n , а други тим има играче рејтинга b_1, b_2, ..., b_n који може а не мора да буде низ опадајућих величина.

Ако је друга n-торка такође опадајућа, онда је збир производа, $S = a_1 b_1 + \dots + a_n b_n$, информација перцепције, или виталност турнира, максималан. Тај збир S биће мањи ако друга n-торка није опадајућа, дакле ако на јачу таблу други тим не постави јачег играча а на слабију слабијег. То је теорема информације перцепције, која овде говори о снази турнира.

Може се десити да је друга екипа веома лоша (у односу на прву), толико да би им добро дошла макар једна победа. Тада је за њих боље најбољег играча поставити на најлошију таблу, знајући да ће тамо бити најлошији играч прве екипе, али то снижава вредност турнира.

Научни рејтинг

Слична је ситуација са рејтингом за које се боре научни часописи и аутори. Сваки аутор има неке своје референце, литературу коју попише на крају свог прилога. Аутори и (збирно) референце имају свој рејтинг, а онда има рејтинг и сам часопис. Објава у часопису већег рејтинга аутору даје већи рејтинг као и његова појава у референци неког другог аутора. Ако си у референци аутора са вишим рејтингом добијаш више рејтинг бодова. Укратко то су позната правила која нас сада подсећају на рејтинг шаховског турнира.

Овде, ако су у датом часопису објављени аутори са опадајућим рејтингом a_1, a_2, ..., a_n, а они су у својим прилозима имали референце са такође опадајућим рејтингом, редом b_1, b_2, ..., b_n, онда је ,,информација перцепције`` максималних $S = a_1 b_1 + \dots + a_n b_n$ за часопис. Међутим, када се бољи аутори позивају на лошије, или лошији на боље, то је умањује скор часописа.

Природно је тада да ће часопис у борби за бољу позицију на топ листи ,,најугледнијих`` настојати бити селективан, а то онда иде у прилог тзв. ,,буразерског'' система где ,,гура свој свога``.

Приметимо да уредник часописа тада не мора бити пристрасан, ни подмићен од аутора или кланова, нити је у питању непотизам, већ проста професионалност. Уредник је успешан лик у борби за успех предузећа које заступа.

Напомињем да информација перцепције само преузима рејтинг бодовање, а оно са своје стране има недостатке. Дати систем је ,,медиокритетски`` на неком свом нивоу. Пре или касније појави се аутсајдер, као на пример Џорџ Бул[9] пре скоро два века, аутор алгебре логике [10], који је испред савременика, њима несхватљив и неиспраћен. Рејтинг систем таквог вреднује ,,лоше'', а ради се о вредности изнад многих.

Епилог

Ово је кратка прича о примени пејџранк (PageRank) алгоритма [11], којим се прославио Гуглов претраживач. Избегао сам добро познате описе јачег бодовања чешће отваране странице интернета, или отваране од стране вредније стране, сматрајући то познатим. Опис шаховског турнира, или научног тежине савремених часописа, такође нису централна тема ове приче – колико је то информација перцепције.

[9] George Boole (1815-1864), енглески математичар.

7. Унутрашњи производ

О информацији перцепције

3. новембар 2020.

Одговарам на често ми постављано питање: због чега си *информацију перцепције* [8] дефинисао као збир производа одговарајућих парова опречних величина. Овде је, наравно, само део одговора.

Способности и ограничења

Идеја информације перцепције делом се појавила посматрањем интелигенције биолошке врсте. На појединачном ω_k елементу опажања ($k = 1,2,\dots,n$) из скупа Ω свих њој (врсти или јединки) доступних елемената, интелигенција $I_k = I(\omega_k)$ била би сразмерна количини опција везаних за чула дате јединке, односно некој способности њене перцепције, или слободе S_k а обрнуто сразмерна спољним препрекама H_k , ограничењима тамо названим хијерархијом. Стога $I_k = S_k/H_k$, а отуда $S_k = I_k \cdot H_k$. Ово је својство једног, ω_k-тог елемента перцепције.

Укупна перцепција, свих појединих елемената $\omega_k \in \Omega$, била би $S = S_1 + S_2 + \dots + S_n$. Број $n = 1,2,3,\dots$ свих елемената опажања можда је веома велики, али увек је коначан. Коначна дељивост опажања, дискретност (са доње стране), или квантованост опажања, следи из закона одржања физичке информације[10].

Информација је количина разноликих опција какве су исходи бацања новчића, коцке и слично. Зато што је количина, информацију можемо уситњавати, али зато што је дискретна морамо доћи до најмањих порција. Ти најмањи износи су неки оптимуми, ево зашто.

Смањивањем неизвесности расте извесност и обрнуто, губитком извесности добија се на неизвесности. На тај начин гледајући, испод крајње неизвесности налазе се нове извесности. Ово није контрадикција, јер је неизвесност суштина избора информације, већ напротив то је у складу са квантирањем информације. Делови, најмање информације до те мере немају самосталност да их можемо сматрати нестварним у класичном смислу реалности.

Међутим, поред ,,реалности'' и поменути ,,нестварни'' делови могу утицати на физичке појаве. Била свесна тога или не квантна механика упознала је обе врсте ових и ту многострукост обухватила је употребом комплексних бројева. Постулирано је да су само онда појаве обзервабилне (физички мерљиве) када су им придружени комплексни изрази реални. У том правцу информацију перцепције сводимо са живих на нежива бића. Виталност и неизвесност тако постају облици исте форме.

Унитарни простор

[10] Бесконачно дељиви скупови могу бити своји прави потскупови, а за такве не можемо увести закон одржања.

У унитарном простору могуће је дефинисати линеарно пресликавање, тзв. унитарним операторима, тако да информација перцепције остаје константна. То су простори који се у физици називају Хилбертовим, а чија репрезентација је квантна механика. Већ та два разлога довољна су за велики значај унитарних простора у теорији информације.

Дат је векторски простор $\mathbb{X}$ над пољем $\mathbb{C}$ комплексних бројева са скаларним производом, тзв. унутрашњим производом вектора

$$\langle x|y\rangle = x_1 y_1^* + x_2 y_2^* + \cdots + x_n y_n^*.$$

При томе су $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ и $y = (y_1, y_2, \dots, y_n)$ произвољни вектори из $\mathbb{X}$ са коефицијентима комплексним бројевима, $x_k, y_k \in \mathbb{C}$, а $y_k^* \in \mathbb{C}$ је коњугован y_k. Ако имамо унитарни простор, онда за сваки од вектора и сваки од скалара ($\forall x, y, z \in \mathbb{X}$ и $\forall \lambda \in \mathbb{C}$) је:

1) $\langle x|y\rangle = \langle y|x\rangle^*$;

2) $\langle \lambda x|y\rangle = \lambda\langle x|y\rangle$;

3) $\langle x + y|z\rangle = \langle x|z\rangle + \langle y|z\rangle$;

4) $\langle x|x\rangle \geq 0$, где знак једнакости важи за $x = 0$.

Интензитет вектора дефинише се са $\|x\| = \sqrt{\langle x|x\rangle}$, а растојање између вектора (тачака) x и y са:

$$d(x,y) = \|x - y\| = \sqrt{\langle x - y|x - y\rangle}.$$

Лако је проверити да је ово функција метрике, јер је:

$$d(x,y) = 0 \Leftrightarrow x = y,\ d(x,y) = d(y,x),\ d(x,y) + d(y,z) \leq d(x,z).$$

Последња, неједнакост троугла, последица је Коши-Шварцове неједнакости која тврди:

$$|\langle x|y\rangle| \leq \|x\| \cdot \|y\|,$$

где знак једнакости важи када су x и y линеарно зависни. Комплетан простор са овако дефинисаном метриком је Хилбертов простор.

Унитаран простор не мора бити коначне димензије и, као у Еуклидском, може користити концепт ортогоналности и имати ортонормиран систем вектора. У случају коначно-димензионалног простора езгистенција ортонормиране базе може се доказати.

Унитарни оператор U је ограничен линеарни оператор на Хилбертовом простору за који важе једнакости $U^*U = UU^* = I$, где је U^* адјунгован (транспонован и коњугован) U, а I идентички оператор. Према томе, домен U је густ у Хилбертовом (унитарном) простору и он чува унутрашњи (скаларни) производ вектора, $\langle Ux|Uy\rangle = \langle x|y\rangle$.

Епилог

Намена ове кратке приче је употреба у расправама око (моје) теорије информације, односно информације перцепције. Заморно ми је пречесто понављање основних појмова те теорије који се показују предалеко од званичне науке, те је овакав ,,увод`` у те приче добродошао.

8. Централно кретање

О информацији перцепције

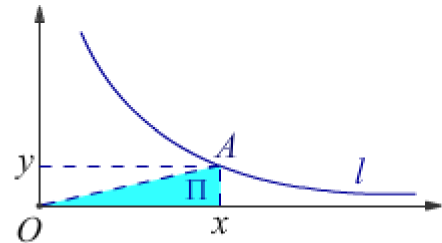
8. новембар 2020.

Прилажем још неколико нових али сличних претходним интерпретација информације површином, односно начина успостављања еквиваленције информације, површине и физичког дејства.

Увод

Ово је опет мало другачији пример ,,информације перцепције`` који, надам се, избегава досадна понављања али оставља довољно препознатљиве сличности са претходнима.

На слици десно, у Декартовом правоуглом систему координата Oxy, дата је нека крива линија l (хипербола) и на њој тачка $A(x,y)$. Површина Π троугла AOx константна је, не зависи од избора тачке $A\in l$ све док је $xy=$ const. Погледајмо даље какве то има везе са информацијом перцепције, односно са слободом или виталношћу.



Замислимо субјекта у некој ситуацији $\omega\in\Omega$, једном елементу скупа сличних ситуација Ω.. Нека је то проблем од чије тежине, ознаке y, зависи могућност решавања x. Јасно је да су x и y извесни бројеви и то такви да су у функцији $x\to y$ и да за њих важи једнакост $xy=s$. При томе је реч о хиперболи са слике, што значи $s=$ const. Ово s дефинише слободу субјекта у датој ситуацији.

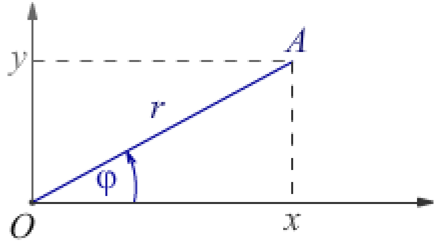
Уопште, када постоји више елемената $\omega_1,\omega_2,\dots,\omega_n\in\Omega$ које истог субјекта доводе у сличне ситуације, онда дефинишемо укупну слободу $S=x_1y_1+x_2y_2+\dots+x_ny_n$. То је информација перцепције и она је опет димензије два, али не више на претходни начин (приказан сликом) него на следећи.

Представимо дате низове векторима $\mathbf{x}=(x_1,x_2,\dots,x_n)$ и $\mathbf{y}=(y_1,y_2,\dots,y_n)$ неког векторског простора димензије $n=1,2,3,\dots$, па их посматрајмо као орјентисане дужи са заједничким почетком, исходиштем O. Они тада разапињу паралелограм у једној равни која опет, на свој начин еквивалентна информацији перцепције.

Уопште, ако је информација дводимензионална и ако се сав простор, време и материја састоје само од информација, онда се свака природна појава може аналогно разлагати на површи.

Лагранжове једначине

У поларним (равним) координатама $Or\varphi$, на слици лево, дата је тачка $A(r,\varphi)$. На тој слици



видимо и положај те тачке, тада пишемо $A(x, y)$, у односу на одговарајући Декартов правоугли систем координата Oxy. Из правоуглог троугла AOx лако препознајемо једначине трансформације координата:

$$x = r\cos\varphi, \quad y = r\sin\varphi.$$

Затим дефинишемо јединични вектор

$$\mathbf{r}_\text{o} = r(\cos\varphi, \sin\varphi),$$

норме $\|\mathbf{r}_\text{o}\| = 1$, чији извод по времену је

$$\dot{\mathbf{r}}_\text{o} = \dot{r}(\cos\varphi, \sin\varphi) + r\dot{\varphi}(-\sin\varphi, \cos\varphi),$$

где су јединични вектори узајамно окомити, $\boldsymbol{\varphi}_\text{o} = (-\sin\varphi, \cos\varphi) \perp \mathbf{r}_\text{o}$. Извод пута по времену је брзина, ова интензитета

$$v = \|\dot{\mathbf{r}}_\text{o}\| = \sqrt{\dot{r}^2 + r^2\dot{\varphi}^2}.$$

Према томе, израз за кинетичку енергију $T = \frac{1}{2}mv^2$ у поларним координатама је

$$T = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\varphi}^2).$$

Сила је $\mathbf{F} = f(r)\mathbf{r}_\text{o}$ са центром у исходишту координатног система. Задата је произвољном функцијом силе $f(r)$ зависном само од удаљености r тачке A од центра O и правцем OA. Потенцијалну енергију можемо разумети као рад силе на путу, односно као скаларни производ вектора силе и пута. Отуда, инфинитезимално:

$$dU = -\mathbf{F} \cdot d\mathbf{r} = -f(r)\mathbf{r}_\text{o} \cdot d\mathbf{r} = -f(r)dr,$$

$$U = -\int f(r)\, dr,$$

тако да Лагранжева функција $L = T - U$ добија облик

$$L = \frac{1}{2}m(\dot{r}^2 + r^2\dot{\varphi}^2) + \int f(r)\, dr.$$

Отуда Лагранжове једначине [14]:

$$m\ddot{r} - mr\dot{\varphi}^2 = f(r),$$

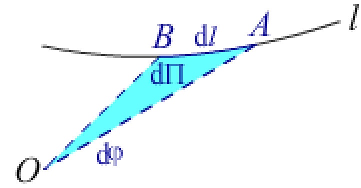
$$\frac{d}{dt}(mr^2\dot{\varphi}) = 0.$$

Друга од ових једначина интегрирањем даје једнакост

$$r^2\dot{\varphi} = 2\dot{\Pi},$$

из које препознајемо интеграл секторске брзине, $S = \dot{\Pi}$. Ако радијус вектор дате тачке, $\mathbf{r} = \overrightarrow{OA}$, у једнаким временима пребрише једнаке површине, аналогно Кеплеровом другом закону, онда је извод површине по времену константан ($\dot{\Pi} = \text{const}$). Угаона брзина је обрнуто пропорционална квадрату удаљености материјалне тачке од исходишта ($\dot{\varphi} = \text{C}/r^2$).

Са становишта ,,теорије информације'' (незваничне), слика десно приказује ,,перцепцију'' кретање $A \to B$ материјалне тачке. Тачка се креће по линији l, на слици за инфинитезимално dl, уз претпоставку да је узрок кретања нека централна сила из O.



Укупна информација кретања dl пропорционална је површини $d\Pi$, а ова, односно обе (информација и површина), пропорционалне су дејству. То је у складу са познатим принципом најмањег дејства које је у основи употребе Лагранжијана у физици.

Бинеова формула

Препишимо Лагранжове једначине у облик:

$$\ddot{r} = r\dot{\varphi}^2 - f(r)/m, \quad r^2\dot{\varphi} = 2S,$$

па другу ($\dot{\varphi} = 2S/r^2$) сменимо у прву. Добијамо

$$\ddot{r} - \frac{4S^2}{r^3} = \frac{1}{m} f(r).$$

Решење ове једначине је облика $r(t)$, удаљеност од центра силе зависно од времена. За налажење трајекторије, $r(\varphi)$— функције удаљености од угла, употребимо трансформацију:

$$\ddot{r} = \frac{d\dot{r}}{dt} = \frac{d}{d\varphi}\left(\frac{dr}{d\varphi}\frac{d\varphi}{dt}\right)\frac{d\varphi}{dt} = \frac{d}{d\varphi}\left(\frac{2S}{r^2}\frac{dr}{d\varphi}\right)\frac{2S}{r^2} = -\frac{4S^2}{r^2}\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\frac{1}{r}\right)$$

и претходну напишимо:

$$-\frac{4S^2}{r^2}\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\frac{1}{r}\right) - \frac{4S^2}{r^3} = \frac{f(r)}{m},$$

$$\frac{d^2}{d\varphi^2}\left(\frac{1}{r}\right) + \frac{1}{r} = -\frac{r^2 f(r)}{4mS^2}.$$

Добијена је Бинеова[11] формула, позната диференцијална једначина трајекторије [13].

Конике

Пресек конуса (купе) и равни је елипса, парабола или хипербола. Ако је раван са свих страна конуса пресек је елипса, ако је паралелна са неком изводницом имамо параболу, а ако пресечна раван гради још оштрији угао са осом конуса добијамо хиперболу. Орбите тела у сунчевом систему често су елипсе, али неке комете путују по параболи или хиперболи. Сунце је у жижи таквих путања, па имамо типичан задатак централног кретања за Бинеову формулу.

Општа једначина конусних пресека (коника) у поларним координатама са жижом у исходишту је

[11] Philippe Binet (1786-1856), француски математичар.

$$r = \frac{ep}{1 \pm e\cos\varphi},$$

где су директрисе конике $x = \pm p$, са позитивним реалним бројем p и са такође позитивним реалним ексцентрицитетом e. Када је $0 \le e < 1$ коника је елипса, када је $e = 1$ коника је парабола, а када је $e > 1$ коника је хипербола.

За тражење функције централне силе, $f(r)$, због којих се тела крећу по коникама израчунавамо други извод реципрочног радијуса тачке на коници и уврштавамо у Бинеову формулу:

$$\frac{1}{r} = \frac{1 + e\cos\varphi}{ep},$$

$$\frac{d}{d\varphi}\frac{1}{r} = -\frac{\sin\varphi}{p},$$

$$\frac{d^2}{d\varphi^2}\frac{1}{r} = \frac{d}{d\varphi}\left(-\frac{\sin\varphi}{p}\right) = -\frac{\cos\varphi}{p},$$

$$\left(-\frac{1}{r} + \frac{1}{ep}\right) + \frac{1}{r} = -\frac{r^2 f(r)}{4mS^2},$$

јер из једначине конике имамо $-\cos\frac{\varphi}{p} = -\frac{1}{r} + \frac{1}{ep}$, па је централна сила

$$f(r) = -\frac{4mS^2}{ep}\frac{1}{r^2}.$$

Она је привлачна ($m > 0$) и опада са квадратом удаљености од центра. У случају такве силе, као што нам је познато, централно кретање описује путању елипсе, параболе или хиперболе.

Епилог

У теоријској физици је добро познато да се тела крећу трајекторијама подвргавајући се принципу најмањег дејства. То начело говори и о константном дејству, а као што је овде демонстрирано и о константној површини. Поента ове приче ипак је на еквиваленцији те површине са дејством и информацијом, а онда још даље на принципијелном минимализму информације.

9. Цурење енергије

16. новембар 2020.

Из повремених разговора са колегама око хипотеза којима се бавим у слободно време, занимљиве су расправе два питања које ћу овде покушати популарно елаборирати. Прво питање било је какве везе има евентуално ,,цурење енергије`` из гравитације са теоријом информације, а друго било би зашто се толико гњавим са тензорима и гравитацијом. Ово друго долази од човека који не верује у општу теорију релативности, а прво од колеге који је сумњичав према (мојој) теорији информације. Записао сам, јер би одговори могли бити шире интересантни.

Питање 1. Какве везе има цурење енергије из гравитације са теоријом информације? (Касније ће се појаснити шта се овде подразумева под ,,цурењем енергије``.)

Одговор: Разне. На пример, енергија би могла да ,,цури`` у додатне димензије времена, а без тих димензија нема неизвесности нити информације. Такође, наводно цурење мост је за деловање прошлости на садашњост, можда видљиво у померању перихела Меркура у смеру његовог кретања, или гравитацији тамне материје, али небитно са тиме, у својству простора да меморише. Наиме, ако прошлост не би некако деловала и физикално – она не би била информација, односно дејство – а информације су све од чега се васиона састоји.

Питање 2. Зашто се толико гњавиш са тензорима и гравитацијом?

Одговор: Ако имаш концентрације покушаћу ти склопити ту ,,слагалицу`` колико-толико популарном причом, без тензорског рачуна.

Прво, фотони се крећу брзином светлости. Они зато немају масу мировања, а време им стоји. Заробљеници су 3Д простора (сопствене, рецимо, дужине, ширине и висине). Електромагнетна сила, чији су они носиоци, такође је затворена у неке три димензије, увек у сопственој садашњости, а зато што ми гледамо помоћу светлости и ми видимо само ,,сада``. Гравитони, пак, продиру кроз слојеве времена.

Друго, у наслову ,,8. Централном кретању`` наћи ћеш доказ да кретање по коникама (елипсе, параболе, хиперболе) узроковано било којом централном силом (не само Кулоновом, или гравитационом) значи да та сила опада са квадратом удаљености. Планете се око Сунца крећу по елипсама, али Меркурова елипса (најближа Сунцу и у најјачој гравитацији) полако ротира у смеру орбитирања Меркура, што значи да та путања више није елипса. То значи да треба преиспитати да ли снага јаке гравитационе силе опада такође са квадратом удаљености.

Затим, у једном ранијем раду доказано је да се бозони, (фотони, гравитони, ...) који носе поље (произвољне централне) силе, крећу брзином светлости ако и само ако та сила опада са квадратом удаљености. Стога, из другог, следи да би гравитони (можда) могли да се крећу брзином (макар мало) мањом од светлосне, што би значило да им време не стоји, да они ,,виде`` више од једне садашњости, односно да могу продирати кроз слојеве времена. То би даље

значило да гравитони имају масу мировања (макар она била и 10^{23} пута мања[12] од данас најлакше познате честице – неутрина).

Ово само као прва потврда горњег, јер као што знаш иако помало пратим новости у науци не држим се савременог курса.

Следеће, а то је друга потврда горњег, је у тензорском рачуну. Једначине гравитације (опште теорије релативности) лако се прошире на 6Д простор-време. Додатне димензије само су временске (три временске на три просторне, в. [1]) и из којих можемо узети било које четири (три просторне и једну временску) па опет добити коректне Ајнштајнове једначине. То је необично, зар не. Зато је и привлачно.

Другим речима, гравитација продире једнако кроз време као и кроз простор, осим што су временске димензије баждарене са ,,ict`` (имагинарном јединицом множеном путем који светлост пређе у јединици времена). Квадрат ,,временског пута`` огроман је реалан број, због квадрата брзине светлости, па је продирање гравитације кроз слојеве времена значајно слабије – са људског становишта величина.

Коначно, било би могуће горњим доказима ,,цурења енергије'' из гравитационог поља додати и један који, верује се да га је први јавно изрекао Лав Ландау[13]. Рекавши га Ајнштајну овај му је наводно одговорио да му је то познато и да је он ,,жртвовао закон одржања енерије да би сачувао каузалност`` поретка у свемиру. Теорија информације, наравно, не држи се каузалности, али свеједно, цурење енергије из гравитационог поља није могуће избећи. Оно сада добија дубљи смисао: да помоћу гравитона можемо завирити у паралелне димензије васионе.

[12] Clifford Will at the University of Florida
[13] Lev Landau (1908-1968), Soviet physicist and Nobel laureate.

10. Централно кретање II

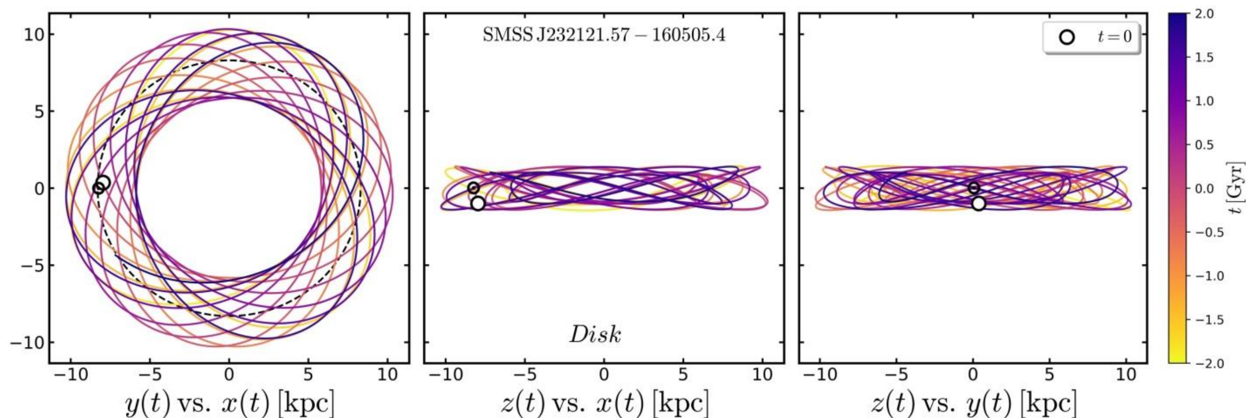
О трајекторијама због централне силе

19. новембар 2020.

Доказујем, централна сила која опада са квадратом удаљености тера набој по кониками. То је обрнута импликација доказаној у претходном прилогу[14], да коника као трајекторија набоја настаје деловањем централне силе која опада са квадратом удаљености.

Увод

Да ли су ове неочекиване орбите, делом из збирке [14], доказ да гравитациона сила не опада са квадратом удаљености? То је питање постављено ми у наставку разговора[15]. Не мора бити, одговорио сам. У уводу ћу покушати парафразирати разлоге, а у наставку следи и један доказ.



Трајекторије по кониками (нпр. елипсама) доказују да централна сила опада са квадратом удаљености (прилог 8), али само ако у близини нема других сила. Ове осцилујуће орбите галактичких звезда сиромашних металом у друштву су других тела која на њих такође делују гравитационо и која уносе поремећаје путања. Међутим, има нешто ,,чудно`` у њиховом кретању што нам даје додатне информације.

Меркур је планета најближа Сунцу и има највидљивије одступање од елиптичне путање, такво да се њен перихел (велика оса елипсе Меркура) по мало помера у смеру орбитирања, сваком револуцијом. То је био један од четири ,,велика доказа`` Ајнштајнове опште теорије релативности, која је то померање успешно потврдила[16] (предвидела).

У (мојој) теорији информације, исто померање перихела послужиће и као доказ да ,,простор памти`` и да његова прошлост гравитационо делује на нашу садашњост. Наиме, предњи део

[14] в. 8. Централно кретање

[15] в. 9. Цурење енергије

[16] појава је била позната и раније

орбите Меркура из његове претходне ротације временски је ближе садашњости и утолико мало јаче делује од задњег дела.

Удаљеност кроз време (t) мери се путем ($x_4 = ict$) који светлост пређе за дато време, а то квадрирањем постаје веома велика вредност (због велике брзине светлости, $c \approx 300\ 000$ km/s), па је продирање гравитационе силе веома мало али је у случају јаких сила ипак видљиво. Може се показати да тако објашњено смицање израчунато (тензорским рачуном опште теорије релативности) веома тачно одговара опаженом.

Даље, осциловање горе-доле око елиптичне путање звезде која путује (милијардама година) галаксијом, са масивном црном рупом у једној од жижа, такође се може објаснити ,,гравитационом меморијом простора''.

Звезде и друга супстанца галаксије круже око центра у (приближно) једној равни, али је на класичан начин тешко разумети осцилације тела око те равни, јер у бочним (окомитим на раван) привлачењима као да недостаје супстанце за тачан рачун. Међутим, дефицит ,,бочног`` привлачења, које звезду враћа у раван елипсе одговарајући је дефициту масе галаксије без које би се твар галаксије разлетела, а галаксија распала. У случају оба дефицита помаже хипотеза ,,тамне материје``, иако је само овај други био њен иницијатор.

Теорија информације има објашњење тамне материје помоћу ,,простора који памти`` и тих сећања која гравитационо делују на садашњост. Иако се чини да је објашњење независно од опадања гравитационе силе са квадратом удаљености, допунићу доказ о централном кретању обрнутом импликацијом, јер сам добио бројна питања у којима се сумња да је таква уопште могућа али и зато да бих се могао позивати на овај доказ у некој следећој расправи.

Диференцијалне једначине

У поменутом претходном прилогу о централном кретању доказано је да централна сила опада са квадратом удаљености – ако се набој креће по коникама (елипса, парабола, хипербола). Доказ у другом смеру импликације, да би се због централне силе која опада са квадратом удаљености набој морао кретати трајекторијама које су коникe, демонстрираћу у неколико корака. Прво, ако је $r^2 f(r) =$ const, онда Бинеову једначину, из које је изведена прва импликација, можемо писати у облику

$$y'' + y = C, \qquad (1)$$

где је константа $C = -r^2 f(r)/4mS^2$, а $y(x) = 1/r$ и $r = r(x)$ је удаљеност материјалне тачке (набоја) од центра силе. Ово r и $x = \varphi$ представљају поларне координате са силом у исходишту. Бенетова формула тако постаје линеарна диференцијална једначина другог реда

$$y'' + ay' + by = C \qquad (2)$$

са константним коефицијентима a, b, C.

Када је $C=0$ она је хомогена линеарна диференцијална једначина другог реда са константним коефицијентима, кажемо одговарајућа претходној

$$y''+ay'+by=0. \tag{3}$$

За такве важи следећи принцип суперпозиције. Ако су $y_1(x)$ и $y_2(x)$ два решења хомогене једначине, тада је њено решење такође $y(x)=C_1y_1(x)+C_2y_2(x)$, где су C_1 и C_2 произвољне константе. Ово се лако доказује непосредним уврштавањем у једначину (в. [16]).

Опште решење хомогене диференцијалне једначине (3) следи из основног решења представљеним експоненцијалном функцијом, $y(x)=\exp(\lambda x)$, узастопном применом суперпозиција са произвољним константама C_1, C_2 и λ. То се такође лако проверава непосредним уврштавањем.

Сменом добијамо $(\lambda^2+a\lambda+b)\exp(\lambda x)=0$, па

$$\lambda^2+a\lambda+b=0. \tag{4}$$

Ова квадратна једначина је карактеристична једначина хомогене (3).

Ако је комплексна функција $y(x)=u(x)+iv(x)$ реалног аргумента x решење хомогене једначине (3), онда су и реалне функције $u(x)$ и $v(x)$ решења те једначине. То тврђење је такође лако проверити. Оно даље поопштава решења тако да су и реалне функције

$$y_1(x)=e^{\alpha x}\cos\beta x\ ,\quad y_2(x)=e^{\alpha x}\sin\beta x,$$

решења једначине (3). Како је $y_1/y_2=\operatorname{tg}\beta x$ и $\beta\neq 0$, а овај количник није константан, то су функције y_1 и y_2 линеарно независне. Кажемо да оне чине фундаментални систем решења једначине (3). Опште решење те једначине тако је

$$y(x)=e^{\alpha x}(c_1\cos\beta x+c_2\sin\beta x). \tag{5}$$

Пример 1. Хомогена диференцијална једначина $y''+y=0$ има карактеристичну једначину $\lambda^2+1=0$ чији су корени $\lambda_{12}=\pm i$. Њима одговарају решења дате диференцијалне једначине $y_1=\cos x$ и $y_2=\sin x$, па је опште решење

$$y=C_1\cos x+C_2\sin x. \tag{6}$$

Приметимо да је (6) решење хомогеног дела Бинеове једначине (1).

Пример 2. Нека су y_1 и y_2 решења једначине (2), нехомогене линеарне диференцијалне једначине другог реда са константним коефицијентима, на неком интервалу. Тада је њихова разлика $y_1 - y_2$ решење одговарајуће хомогене једначине (3) на истом интервалу. Наиме, из

$$y_k'' + ay_k' + by_k = c \quad \text{за} \quad k \in \{1,2\},$$

одузимањем добијамо $(y_1 - y_2)'' + a(y_1 - y_2)' + b(y_1 - y_2) = 0$.

Пример 3. Ако је $\bar{y}$ решење нехомогене једначине (2), а $\bar{\bar{y}}$ решење одговарајуће хомогене (3), на неком интервалу, тада је збир $\bar{y} + \bar{\bar{y}}$ решење нехомогене једначине (2) на датом интервалу. Наиме, из

$$\overline{y''} + a\overline{y'} + b\bar{y} = c \quad \text{и} \quad \overline{\overline{y''}} + a\overline{\overline{y'}} + b\bar{\bar{y}} = 0$$

сабирањем добијамо $(\bar{y} + \bar{\bar{y}})'' + a(\bar{y} + \bar{\bar{y}})' + b(\bar{y} + \bar{\bar{y}}) = 0$.

Ови примери су добро познати ставови диференцијалних једначина. Такође знамо да је опште решење нехомогене једначине (2) на неком интервалу облика

$$y(x) = \bar{y}(x) + \bar{\bar{y}}(x), \tag{7}$$

где је $\bar{y}(x)$ произвољно решење нехомогене једначине (2), а $\bar{\bar{y}}(x)$ је неко партикуларно решење одговарајуће хомогене једначине (3) тог интервала. Најпознатији општи начин за добијање овог партикуларног решења је Лагранжов метод варијације параметара, али у посебним случајевима као у нашем, посебне методе су брже.

Пример 4. Бинеова диференцијална једначина (1) је нехомогена и очигледно има за партикуларно решење константну функцију $\bar{y}(x) = C$. Нашли смо (пример 1) да је (6) опште решење њој одговарајуће хомогене једначине, које ћемо сада означити $\bar{\bar{y}}(x)$. Зато је (пример 3) опште решење нехомогене

$$y(x) = C_1 \cos x + C_2 \sin x + C. \tag{8}$$

То је (опште) решење Бинеове диференцијалне једначине (1).

Функцију (8) трансформишемо редом:

$$y(x) = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}\left(\frac{C_1}{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}\cos x + \frac{C_2}{\sqrt{C_1^2 + C_2^2}}\sin x\right) + C,$$

$$y(x) = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}(\sin\gamma \cdot \cos x + \cos\gamma \cdot \sin x) + C,$$

$$y(x) = C_3 \sin(\gamma + x) + C, \tag{9}$$

где су константе $C_3 = \sqrt{C_1^2 + C_2^2}$, $\sin\gamma = C_1 / C_3$ и $\cos\gamma = C_2 / C_3$.

Како (9) представља решење Бенетове једначине (1), где је функција $y = 1/r$ реципрочна удаљеност r материјалне тачке од исходишта O поларног система координата $Or\varphi$ и извор силе, а аргумент је $x = \varphi$, то можемо писати:

$$r = \frac{1}{C_3 \sin(\gamma + \varphi) + C} = \frac{ep}{1 \pm e\cos(\varphi + \phi)}. \tag{10}$$

Ово је општа једначина конике (елипсе, параблоле, хоперболе) у поларним координатама $Or\varphi$. Ексцентрицитет $e = \pm C_3 / C$ и број који одређује директрису $p = 1/Ce$ су позитивне реалне константе, а γ односно ϕ су фазни помаци, при чему угао ϕ представља нагиб осе конике према апсциси (правцу $\varphi = 0$).

Другим речима, ако централна сила опада са квадратом удаљености онда је коника трајекторија по којој се креће набој. Та сила може бити привлачна као сунчева гравитација која покреће планете, или Кулонова електрична сила, али може бити и одбојна. То је други смер инклузије претходног прилога о централном кретању где је доказано тврђење: ако је путања набоја коника онда централна сила опада са квадратом удаљености.

11. Сила и информација

Прилог теорији информације

22. новембар 2020.

Време фотона стоји, он се креће брзином светлости и дефинише Кулонову силу која опада са квадратом удаљености. Када време честице тече она запиње за временске димензије и има масу, а сила коју дефинише као баждарни бозон не опада са квадратом удаљености.

Увод

Део мојих ранијих истраживања препричан је у књизи ,,Приче о информацији'' [1]. Она је овде примарна референца што је помало некоректно јер методе овде из ширег су оквира, али опет и у реду је читати је јер је без ње тешко прихватити оно што пишем. Лако ћете разумети да се фотони крећу брзином светлости[17] и да им време стоји, надам се, али биће мало теже са дво-димензионалном информацијом. Још је теже апсорбовати да се простор, време и материја састоје само од информација, таквих чија суштина је неизвесност а дејство еквивалент.

Елем, релативно време фотона не тече, па је кретање фотона са нашег становишта низ дискретних (просторно-временских) догађаја (нашег) опажања. У све новијим слојевима времена дешава се просторна промена са становишта посматрача и нови-стари фотон креће се брзином светлости. Он је сваког тренутка у новој следећој позицији чије померање дефинише брзину светлости. Свака нова је највероватнији исход претходне, а онда и најмање информативан.

Потсећам, чаша је на столу зато што је такво њено стање у датим условима углавном највероватније. Попут премештања чаше руком нови услови настају присилом а измене крију узроке. Другачије речено, сила[18] мења вероватноће, а промене вероватноћа дефинишу силу. Односно, све промене кретања или стања, не само фотона, узроци су и последице неких сила.

Смер и интензитет силе мера су распореда неизвесности (информације) тако што већој промени неизвесности одговара већа сила. Тако каже принцип минимализма информације, да предности у реализацији имају већа вероватноћа и мања информација, а отуда закон инерције.

Дакле, фотон се креће у односу на субјекта као његова конкретна информација. Неизвесност светлости непосредније је у титрању у две равни, електро и магнетној, а релативност у разликама фреквенција[19] и таласних дужинама истог извора, што знамо из Доплеровог ефекта[20].

Кулонова сила

[17] брзина светлости у вакууму c≈300 000 km/s
[18] в. [1], 2.19 Класична сила – фигуративан појам
[19] в. [1], 3.22 Светлост
[20] в. [1], 2.16 Доплеров ефекат

Сваки електрон око себе непрестаним таласима емитује виртуелне концентричне сфере фотона. Оне постају реални фотони када ступе у интеракцију (комуникацију) са другим електро-магнетним набојем. Али порастом површине сфере ($4r^2\pi$, полупречника r) сразмерно опадају њихове амплитуде, не и таласне дужине, слично воденим таласима који се у концентричним кружницама шире од места пада камена на површину воде, са све мањим амплитудама и непромењеним таласним дужинама.

Међутим, смањивањем амплитуде виртуелне сфере опада вероватноћа њене интеракције и преноса информације са полазног електрона на неки други евентуално присутни набој. При тиме се износ пренешеног импулса или енергије не мења, рекли смо, због константне таласне дужине. Остатак процеса преноса информације виртуелним фотоном може се разматрати на начин Фајнманових дијаграма[21], сада са расподелом вероватноћа.

Нека је P_n вероватноћа да виртуелна сфера у n-том кораку (таласној дужини) интерагује са неким другим набојем. Према претходном је $P_n = \chi/n^2$, где је χ нека константа коју можемо одредити обзиром да имамо расподелу вероватноћа. Наиме:

$$1 = P_1 + P_2 + P_3 + \cdots = \chi\left(\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \cdots\right) = \chi \cdot \frac{\pi^2}{6}, \qquad (1)$$

а отуда $\chi = 6/\pi^2$.

У наставку овим би вероватноћама било могуће придруживање енергија преласка електрона са једне љуске атома на другу, али нека то остане за другу прилику. За сада само приметимо да је виртуелну сферу лакше везати за енергију од класичног начина Фанманових дијаграма.

Када дужину дефинишемо помоћу пута коју светлост (фотон) пређе у јединици времена, зато што је светлост безвременска а сопствено време посматрача тече увек истом брзином, брзина светлости неће зависити од брзине кретања њеног извора. То је у геометрији релативности ситуација када је просторно-временски интервал нулте дужине, $ds = 0$. Вероватноћа интеракције виртуелне сфере која опада са квадратом удаљености даће корак опадања силе интеракције (овде Кулонове, kq_1q_2/r^2). Промена стања интеракцијом еквивалентна је некој сили, а у случају фотона та је електромагнетна.

Знамо да су фотони само једна од врсте баждарних бозона, честица-таласа које преносе фундаменталне интеракције. Уколико неком таквом време не стоји и ако тече у смеру посматрача[22], опажена брзина јој мора бити мања од светлосне! То је интуитивно јасно из чињенице да честица задире у садашњости посматрача, која одмиче у односу на дати тренутак, те се за исто време помера мање од фотона.

Другим речима, честица којој време тече са нама креће се мањом брзином од светлосне, а онда би вероватноће њених интеракција, аналогне (1), опадале брже. Сила чије поље таква дефинише

[21] в. [1], 2.7 Фајнманови дијаграми
[22] о супротном току касније

не би се смањивала са квадратом удаљености. Из претходних поднаслова (8. и 10. о централном кретању) може се видети да трајекторије набоја тада не би биле конике.

Маса

Да маса није микро концепт помињао сам раније, а овде ћу поновити разлог таквог става изведен из особина спина[23] (унутрашњег импулса). Две су врсте комплетних елементарних честица у физици, бозони и фермиони. Међу првима су носиоци фундаменталних сила, какве су фотони и гравитони, а међу другима су честице на које те силе делују. Бозони имају целобројни спин, фотони ± 1 а гравитони ± 2, док фермиони имају полуцели спин, рецимо по $\pm\frac{1}{2}$ какви су електрони, протони или неутрони.

У случају интеракције, због закона одржања укупног спина датог система, фотон спина $+1$ може напустити електрон спина $+\frac{1}{2}$ и оставити га са спином $-\frac{1}{2}$ да би прешао на други електрон спина $-\frac{1}{2}$ и превео га у електрон спина $+\frac{1}{2}$. Краће писано, +½ - 1 → -½. Могућа би била и супротна интеракција електрона и фотона: -½ + 1 → +½. Међутим, аналогна интеракција гравитона и електрона не би била могућа, јер сабирањем било којег од бројева ± 2 са неким од два броја $\pm\frac{1}{2}$ не добија се нити један од бројева $\pm\frac{1}{2}$ или ± 2.

Према томе, гравитација је својство мноштва честица попут хоризонталног воденог таласа насталог као посебан ентитет из вертикалног кретања њених молекула. Маса честице је слично својство настало из њеног сопственог временског постојања. Из тог протезања честице кроз слојеве времена и начелног минимализма информације, дакле трајањем, честица добија на инертности.

Што је маса тела већа све већи део тела припада различитим садашњостима и све је веће спутавање целине због утицаја (склоности неделовању) сваке од њих. Отпор деловању сразмеран је мањку укупне масе у датој садашњости, или што је исто, сразмеран је вишку њеног присуства у другим садашњостима (паралелним реалностима). То изводимо из принципа минимализма информације.

Иста се промена јавља као релативно опажање масе, односно укупне енергије тела, редом:

$$m = m_0 \cdot \gamma, \quad E = E_0 \cdot \gamma, \tag{2}$$

приликом инерцијалног једнолико праволинијског кретања брзином v, са коефицијентом

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{3}$$

или у гравитационом пољу тела масе M на удаљености r од центра силе

[23] в. [1], 3.27 Гравитон

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{2GM}{rc^2}}}, \tag{4}$$

са гравитационом константом $G \approx 6{,}67 \times 10^{-11}$ $\mathrm{m^3\,kg^{-1}\,s^{-2}}$. Први од коефицијената (3) је Лоренцов из специјалне теорије релативности. Он је познатији од еквивалентног другог (4) овде дефинисаног на освнову Шварцшилдове метрике. Иначе, веза између сопствене масе и енергије, $E_0 = m_0 \cdot c^2$, иста је као између релативних, $E = m \cdot c^2$, па су (2) усклађене формуле.

Коефицијенти γ важе за релативно успоравање времена $t = t_0 \cdot \gamma$ тела које се креће брзином v, или у другом случају у гравитационом пољу. Такође, оне важе и за скраћивање јединица дужине $r = r/\gamma$ по правцу кретања, односно по правцу силе. Добро су позната извођења свих тих релација, као и израчунавање гравитационе силе централно симетричних поља не јачих од Сунчевог заједно са (4). Зато тај део прескачем.

Међутим, новост је да се исти коефицијент може добијати и из претпоставке о егзистенцији паралелних реалности[24], односно да су оне узрок прво инертности масе, а онда и саме гравитације[25]. Посебно је занимљива веза између Шеноновог шума канала и снаге гравитационог привлачења[26], која још више повезује принцип минимализма информације са гравитационим привлачењем.

[24] в. [1], 3.24 Много светова
[25] в. [1], 3.23 Гравитација
[26] в. [1], 3.26 Шум канала

12. Негативна информација

Расправа о минимализму

26. новембар 2020.

Ово је још једна обрада идеје везивања информације са алгебром логике, са физичким дејством, потенцијалном енергијом и принципом минимализма информације.

Увод

Простор, време и материја, као и сви догађаји васионе састоје се само од информација. То је радна претпоставка (моје) теорије информације. Отуда, а затим из немогућности доказивања нетачности физичких појава, следи да информације морамо сматрати истинама. Врсте истина су према томе и ,,лажи``. Ово је прича о супротности истини која није неистина у класичном смислу и у тражењу такве у физичком дејству.

Лаж је прикривена информација[27]. Одраз истине у њену дуалну слику коју називамо неистином је маскиран, односно сложенији или виши ниво истинитости. Лаж је место где информација може бежати у боље кодиране облике, а то и чини због свог начелног минимализма, али никако не постаје нешто толико нетачно да га не може бити.

Декодирање лажи демонстрирају логичке загонетке. На пример, неки путник стиже до раскрснице за места *А* и *Б* на којој наилази на једног од два брата за које зна да један увек говори истину а други увек лаже. Путник не зна који је то од двојице и може поставити само једно бинарно питање на које ће му непознати одговорити са ,,да`` или ,,не`` тако да сазна који од путева води ка месту *А*. Које је то питање?

Решење је да путник покаже један од непознатих путева и упита: ,,Да ли би твој брат рекао да овај води ка месту *А*``? Ако је одговор потврдан наставиће оним другим путем, а ако је одречан наставиће управо показаним.

Да је ,,свет лажи`` неки еквивалент ,,света истина`` по количини истинитости, можде се доказати пресликавањем тачних вредности у нетачне ($\top \to \bot$) и обрнуто у таблицама логичких операција (нпр. негације, дисјункције и конјункције). Тада се таутологија (исказ који је за све вредности варијабли тачан) пресликава у контрадикцију (исказ који је за све вредности варијабли нетачан) и обрнуто. А само залажење у ,,свет лажи`` да би се добила истина одавно је познат маневар у математици који називамо доказивањем методом контрадикције.

Међутим, дезинформација је такође врста ,,негативне информације``. Знамо да се дезинформисањем истина прикрива чиме оно припада ,,свету лажи``. Али дезинформација истину и разводњава што нам указује да ,,неистина`` не мора бити нешто крајње негативно и само то,

[27] в. [1], 3.7 Дуализам лажи

супротност позитивном, већ може бити стање мањка па и вишка ,,истине``. У наставку то постаје питање форме.

У прављењу логичких склопки процесора неког класичног компјутера, такозваних електричних кола, капија или прекидача како год их називали, није потребан позитиван и негативан напон струје да би се представиле логичке варијабле тачно (⊤) и нетачно (⊥). Довољна су стања ,,има струје'' (цифра или слово 1) и ,,нема струје'' (цифра 0), или ,,већи напон'' и ,,мањи напон'', па и нешто треће. То нам казује да се формална логика може поставити тако да обе вредности, истина и лаж, буду са различитих скала интензитета а да при томе не губе или не добијају на ваљаности.

Потенцијална енергија

Уопште кажемо да је потенцијална енергија (U) она енергија која се складишти или чува у неком предмету или супстанци и заснива се на положају, распореду или стању. Две главне врсте потенцијалне енергије су гравитациона и еластична.

Гравитациону потенцијалну енергију има објекат у вертикалном положају услед привлачне силе гравитације. Количина те енергије ($U = mgh$) расте са масом објекта (m), гравитационим убрзањем (g) и висином (h) објекта. Еластична потенцијална енергија ($U = kx^2/2$) расте са квадратом дужине (x) истезања односно стискања опруге, трамбулине или банџи каблова (са различитим константама k).

Сила на објекат је конзервативна ако је функција $\mathbf{F}(\mathbf{r})$ само позиције $\mathbf{r}$. У једнодимензионалном случају, за рад силе на путу од r_1 до r_2 потребно је потрошити енергију

$$U(r) = -\int_{r_1}^{r_2} F(r)dr, \tag{1}$$

која се може узети за акумулирану потенцијалну енергију. У резултату се додаје било која константа интеграције, што значи да величину нулте потенцијалне енергије можемо бирати произвољно.

На пример, за гравитациону силу, $F(r) = -GMm/r^2$, налазимо потенцијалну енергију:

$$U(r) = -\int_{r}^{\infty} \left(-\frac{GMm}{r^2}\right) dr = -\frac{GMm}{r}, \tag{2}$$

где су G гравитациона константа, M маса планете, m маса тела, а r удаљеност са које је тело одвучено (против привлачне силе) у бесконачност.

Падајући из бесконачности на висину r потенцијална енергија датог тела постаје кинетичка $T = mv^2/2$ из чега, изједначавањем $T = U$, налазимо почетну брзину v потребну да тело напусти површину планете. Код малих промена висине $h = r_2 - r_1$ гравитациона сила ($F = mg$) приближно је константна и потенцијална енергија је $U = mgh$, где је g гравитационо убрзање.

То су добро познати примери којима сада додајемо информатички смисао. Преносећи енергију преноси се и информација – која је већа са више пренешене енергије и дужим трајањем преноса. Таква физичка информација еквивалент је дејству (производ енергије и времена), па ако дефинишемо потенцијалну енергију негативном вредношћу (у позитивном току времена) имамо негативну информацију.

Из дефиниције потенцијалне енергије (1) одмах излази повезаност информације и силе: мањак информације је привлачан.

Принцип информације

Лакше је кодирати него декодирати. Слободни медији више и брже шире лажи од истина. Једнакост генерише сукобе, јер су једнако вероватни исходи више информативни. Погледајмо још неке примере начелног минимализма информације.

У слободним мрежама преноса информације спонтано се формирају концентратори, малобројни чворови са много повезница и многобројни чворови са мало повезница, јер се тако смањују једнако вероватне ситуације. Зато на слободном тржишту (протока капитала) спонтано настаје мали број веома богатих наспрам великог броја много мање богатих, међу јавним личностима много мање је веома познатих, такви су кластери интернета.

За диктатуру потребна је равноправност маса. Томе су тежили грађани Римске Републике пред појаву Цезара, једнаки пред богом за успостављање инквизиције, народ Француске револуције за Императора Наполеона, пролетери за доживотне председнике социјализама. Обрнуто важи такође, да хијерархије лакше израстају у условима равноправности, па је потребно све више регулатива, администрирања и правника у систему права принципијелне једнакости.

Мањак информације који би могао бити узрок гравитационог привлачења може се разумети на разне начине. На пример, из опште теорије релативности знамо да јаче гравитационо поље успорава ток времена, што сада можемо интерпретирати релативним мањком догађаја, мањком случајних исхода и мањком информације. Спорији ток времена је привлачан, према томе, јер га дефинише количина (случајних) догађаја, а то је иста она која одређује информацију.

Други узрок гравитације (који се лако додаје првом) тумачимо помоћу Еверетове идеје ,,много светова`` квантне механике[28]. Укратко, претпоставка би била да релативни ,,мањак времена`` (успорени временски ток) настаје због одласка у ,,паралелну реалност`` дела посматраног објекта унутар гравитационог поља. Рачун показује да би такав могао бити управо поменути начелно привлачан мањак информације.

Трећи примери ишли би још даље у почетке (моје) теорије информације[29], рецимо у ,,генерализацију ентропије''. Не бих се овде даље понављао. Довољно је то што сам указао на

[28] в. [1], 3.24 Много светова
[29] в. [1], 2.24 Генерализација ентропије

повезаност појмова негативне информације, алгебре логике, потенцијалне енергије и принципа информације, надам се.

13. Прираштај времена

29. новембар 2020.

Расправа о потреби и последицама егзистенције времена у теорији информације.

Немачко-амерички физичар Ландауер[30] је 1961. године расправљао питања енергетског трошка комуникације. Он је узимао да информација опада када ентропија расте и, обзиром на спонтани раст ентропије, сматрао је информисање расипничким процесом. Он је био на само корак од запажања да је физичка информација еквивалент дејству (производу енергије и времена).

Када похранимо бит информације у неку молекулу у неки преградак, њено брисање биће уклањање молекуле односно меморије. Тај потез увећава ентропију гаса и губитак топлоте у околину. При изотермалној промени, производ температуре и промене ентропије је рад који морате платити као рачун за потрошњу енергије, јер сте обрисали информацију.

Доследно Ландауеру, како важи закон одржања енергије важиће и закон одржања информације, што нас води до потврде у физици познатог става да су квантне еволуције реверзибилне. Као што знамо, квантни процеси су репрезентације регуларних линеарних оператора (за које постоје инверзни). То даље значи да не можемо извући информацију из паралелне реалности[31], а да јој не одузмемо енергију, или другим речима да њена енергија не исцури нама[32].

Зато што је неуништива информација траје и памти се. Када мало боље погледамо то је парадокс закона одржања информације. Због чувања информације у садашњости и њеног гомилања у прошлости могли бисмо имати њено укупно повећање, а тако и контрадикцију. Али информације је све мање у будућности за износ једнак оном који из прошлости допире у садашњост[33]. Просто зато што ентропија (супстанце) спонтано расте, информације је све мање[34].

Због закона одржања информација је квантована[35] и у физичком је дејству. Квант енергије увек носи неку информацију, као што свако информисање производи неко деловање. Како поновљена ,,вест`` није више права вест, елементарна информација сразмерна је и размењеној енергији и протеклом времену, односно еквивалентна је дејству. То је посебно интересантна тема.

Квант дејства (Планкова константа) реда величине је производа енергије и времена, Хајзенбергових неодређености. Доследно, када нема продора дуж временске осе онда остаје неизмерно мали тренутак као скровито место сразмерно великих енергија, рецимо, неких од

---

[30] Rolf Landauer, 1927-1999

[31] в. [1], 2.13 Простор и време

[32] https://www.academia.edu/44517838/Energy_Leakage

[33] Приметимо да доток информације из прошлости мора бити успорен, пригушен.

[34] в. [1], 3.25 Меморија простора

[35] По дефиницији, бесконачно дељиве величине оне су које могу бити свој прави део.

Еверетових (1957) ,,много светова`` квантне механике. Ако промена времена тежи нули онда енергија тежи бесконачности и прелазак у замишљену паралелну реалност у много чему постаје немогућ. Мултиверзум би се могао скривати од нас и на такве инфинитезималне начине дуж временске осе.

Честицама које се крећу брзином светлости (фотонима) време не тече. Такве не могу познавати више од три димензије а ми их опажамо увек у кретању једне равни (електричне и магнетне поларизације). Напротив, честице које се не крећу брзином светлости трају, што значи да оне продиру кроз слојеве времена и деловима су присутне у више ,,паралелних реалности``. Оне заправо ,,запињу`` за слојеве времена и кажемо да имају инерцију.

Дубље гледано инерција је последица принципа минмализма комуникације. Свет се састоји само од информација које чува закон одржања против природе која би да их има што мање. Та начелна шкртост постаје ,,напор`` када би се ишло у (нове) неизвесности, а оне су опет суштина информације. Зато промену неизвесности сматрамо ,,силом``. Појаснићу то још једном.

Док светлост стигне са краја на крај (нашег) тела прође неко време за које оно не постоји у истој садашњости. Случајни исходи процеса различитих времена развлаче тело непредвидљиво стварајући нове ситуације за случајне исходе, а промену насталих вероватноћа исправљају само силе. Те силе настају из начелног шкртарења комуникацијама, или принципом најмањег дејства, односно спонтаног раста ентропије.

Према томе, за разлику од светлости, баждарни бозони (честице носиоци поља силе) који имају масу мировања, проћи ће ,,временску баријеру'', а цена те врсте слободе је њихова инертност. Такође, централна сила коју они представљају не опада са квадратом удаљености, нити се њени набоји крећу по коникама[36]. Ако је гравитација таква врста силе, онда она може да делује из прошлости на садашњост.

Зато што простор памти он расте. Простор, поред материје, такође сакупља текуће информације. Он се тако увећава и када говоримо о истом 3Д простору 6Д простор-времена. Он никада није потпуно исти како за нас учеснике једног 4Д простор-времена (ограничене дометом фотона), тако и за све могуће ,,паралелне посматраче'', јер простор никада не чине иста сећања. Међутим, немамо разлога да сумњамо у одржање закона физике у деловима тих различитости.

[36] https://www.academia.edu/44533846/CENTRAL_MOVEMENT_II

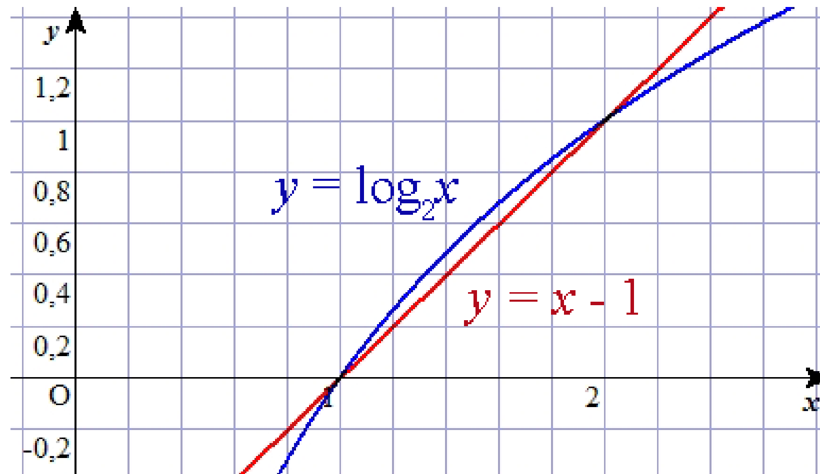
14. Неодређеност

5. децембар 2020.

Расправа о релативној енергији и времену у контексту вероватноће и информације. Првог, које расте са виталношћу, информацијом дате честице а опада са вероватноћом и другог (времена) које нестаје са повећањем вероватноће.

Увод

На интервалу вероватноћа, на слици увећаних за један, логаритамска функција $y = \log_b x$ приближно је једнака правој линији $y = (x-1)/(b-1)$, као што се види на слици за случај $b = 2$.



Разлика ове две функције $f(x) = \log_b x - (x-1)/(b-1)$ достиже екстремну вредност у тачки која нулира извод $f'(x_0) = \frac{\log_b e}{x_0} - \frac{1}{b-1} = 0$, када $x_0 = (b-1)\log_b e$. У случају датог бинарног логаритма максимум је $f(x_0) = \ 0{,}0860713$ приближно, за $x_0 = \log_2 e = 1{,}4427$.

Из приближне једнакости $\log_2 x = x - 1$, за $x \in (1,2) \subset \mathbb{R}$, сменом $x = 1 - q$ добијамо такође приближно $\log_2(1-q) = -q$, односно

$$q = -\log_2(1-q). \tag{1}$$

Број $q \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ може представљати вероватноћу да се неки догађај ω неће десити, па је $p = 1 - q$ вероватноћа да се исти догађај хоће десити.

Потражимо математичко очекивање (средњу вредност) броја покушаја да се догоди ω. То се може десити већ у првом покушају са вероватноћом p, тек у другом са вероватноћом qp, у трећем q^2p, ..., а у n-том са вероватноћом $q^{n-1}p$. Очекивање $\mu = \mu(\omega)$ потребног броја понављања опита да би се ω десило по први пут износи (извод је по q):

$$\mu(\omega) = p + 2qp + 3q^2p + \cdots + nq^{n-1}p + \cdots$$

$$= p(1 + 2q + 3q^2 + \cdots + nq^{n-1} + \cdots$$

$$= p(q + q^2 + q^3 + \cdots + q^n + \cdots)'$$

$$= p\left(\frac{q}{1-q}\right)' = p \cdot \frac{1}{(1-q)^2} = \frac{p}{p^2},$$

$$\mu = \frac{1}{p}. \qquad (2)$$

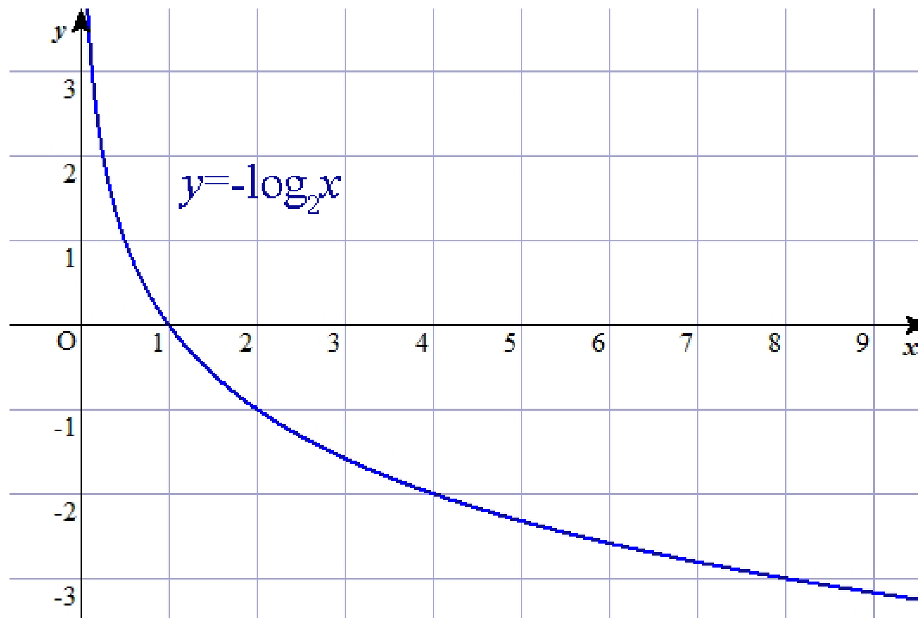
На пример, када бацамо фер новчић, вероватноћа да падне писмо је $p = ½$ и оно у просеку пада у другом бацању, $\mu = 2$. Када бацамо коцку са шест једнаких шанси, вероватноћа једне од њих је шестина, $p = ⅙$, па је очекујемо жељени исход отприлике у шестом бацању, $\mu = 6$.

Информација

Хартли[37] је 1928. године дефинисао информацију са

$$H(\omega) = -\log_2 p, \qquad (3)$$

где је $p = p(\omega)$ вероватноћа случајног догађаја ω. Из облика функције, на следећој слици, види се да је информација немогућег догађаја бесконачна ($H \to \infty$ ако $p \to 0$), а да брзо пада ка нули када догађај постаје известан ($H \to 0$ ако $p \to 1$). Ове дефиниције се углавном држимо и даље.



Шенон[38] је 1948. године Хартилеву информацију употребио за израчунавање математичког очекивања расподеле $n \in \mathbb{N}$ вероватноћа. Када дисјунктни догађаји $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$ чине потпун скуп исхода (тачно један се мора десити), са вероватноћама $p_k = p(\omega_k)$, где $k \in \{1, 2, \dots, n\}$, онда су њихове Хартлијеве информације $H_k = -\log_2 p_k$, а математичко очекивање

[37] Ralph Hartley (1888-1970), амерички истраживач.
[38] Claude Shannon)1916-2001), амерички математичар.

$$S = p_1 H_1 + p_2 H_2 + \cdots + p_n H_n. \qquad (4)$$

Ако нема разлике у шансама исхода, у случају једнаких вероватноћа, $p_1 = p_2 = \cdots = p_n$, свака ова износи $p = \frac{1}{n}$, па Шенонова информација постаје $S_0 = -n \cdot p \log_2 p = -\log_2 p$, односно

$$S_0 = \log_2 n. \qquad (5)$$

То је средња вредност (математичко очекивање) информације n једнако вероватних догађаја.

Приметимо да (4) има форму

$$\vec{a} \cdot \vec{b} = a_1 b_1 + a_2 b_2 + \cdots + a_n b_n, \qquad (6)$$

дакле скаларног производа два вектора $\vec{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $\vec{b} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, који се такође може писати $\vec{a} \cdot \vec{b} = ab\cos\theta$. Овде су $a = |\vec{a}|$ и $b = |\vec{b}|$ интензитети датих вектора а угао између њих је $\theta = \angle(\vec{a}, \vec{b})$.

Скаларни производ[39] (6) је максималан када је $\cos\theta = 1$, за $\theta = 0$, односно када је већи коефицијент a_k множен већим b_k и обрнуто, мањи првог вектора са мањим другог. Исти производ постаје минималан када је већи коефицијент првог вектора множен мањим другог и мањи са већим, односно када ови вектори постају узајамно окомити.

У случају неког од ових екстрема, коефицијенте вектора можемо поредати у монотоне низове а индексе пренумерисати тако да је први низ нерастући, $a_1 \geq a_2 \geq \cdots \geq a_n$, па ако је други такође нерастући производ (6) биће максималан[40], а ако је други неопадајући, $b_1 \leq b_2 \leq \cdots \leq b_n$, тај производ биће минималан[41]. У сваком од два екстрема када замислимо да су разлике између коефицијената све мање, до његовог крајњег случаја, једнакости $a_1 = \cdots = a_n$ и $b_1 = \cdots = b_n$, која је тада и максимална и минимална.

На пример, Шенонова информација (4) која има особину минималног скаларног производа (6) јер множи мање коефицијенте са већима, постиже свој максимум у случају једнако вероватних исхода дате расподеле. Резултат (5) је највећа могућа вредност Шенонове информације[42], обзиром како се она добија из расподеле вероватноћа.

Сличан пример су Хајзенбергове релације са скаларним производима неодређености[43] положаја и импулса честице

$$(\Delta s)^2 = \Delta x_1 \cdot \Delta p_1 + \Delta x_2 \cdot \Delta p_2 + \Delta x_3 \cdot \Delta p_3 - \Delta t \cdot \Delta E, \qquad (7)$$

---

[39] [8], 1.4 Скаларни производ
[40] [8], Теорема 1.5.4.
[41] [17], Теорема 1.2.7.
[42] Приметимо колико је овај доказ једноставнији од уобичајених диференцирањем.
[43] [8], формула (3.16)

који је реда величине Планкове константе $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ m^2 kg / s. Сменом $x_4 = ict$ и $p_4 = iE/c$, где је $c = 300\,000$ m / s брзина светлости и за имагинарну јединицу важи $i^2 = -1$, добијамо израз (7) као квадрат интервала 4Д простор-времена.

Интервал Δs је дужина, а његов квадрат Δs^2 површина. То су две неодређености за које знамо из квантне механике да представљају доњу границу опажања у микросвету. Према претходном објашњењу, израз (7) такође је минимум, јер када смањујемо неодређеност положаја неодређеност импулса расте и обрнуто. Посебно квадрат неодређености интервала 4Д простор-времена, дакле (7), представља и информацију.

Да (7) заиста можемо интерпретирати као информацију види се из приближне формуле (1). Са неком вероватноћом p дешавање догађаја даје информацију $-\log_2 p = q$, при чему је $q = 1 - p$ вероватноћа да се догађај неће десити. Другим речима, информација дешавања датог догађаја (приближно) једнака је неодређености тог догађаја. Доследно даље, информација је и површина 4Д простор-времена.

Енергија и време

Ово све сам елаборирао потакнут једним питањем колеге који је покушао у теорију вероватноће додати аксиоме којима би у том делу математике формално придружио енергију и време. Сматрао је ,,енергију`` величином сразмерном вероватноћи случајног догађаја који она представља, па је добијао све ,,некако наопако``, како пише. Шта је ту погрешно – питао ме.

Проследио сам му неколико мојих ранијих радова на сличну тему, краћих и недотераних, заједно са овим описима и, чини се за сада, задовољан је одговором. У том смислу претходно речено је тек отворена тема за дебату.

Простор, време и материју чине саме информације чија суштина је неизвесност. Више информације систему већу моћ бирања, већу ,,живахност'', па већа енергија иде са већом информацијом а онда мањом вероватноћом. Основна грешка поменутог колеге је, претпостављам, поистовећивање веће енергије (увек) са већом вероватноћом из чега је даље произашло ,,све наопако``.

То јесте збуњујуће, уколико је и формула (1) збуњујућа, да са више вероватноће $p = 1 - q$ добијамо мање информације, али да управо зато имамо мању неодређеност $q = -\log_2 p$ датог догађаја. Ако такву, непосредну вероватноћу догађаја употребимо за одређивање његовог релативног времена имамо сагласност са принципом минимализма информације.

Наиме, из дефиниције информације (3) следи да је информативнији догађај који је мање вероватан, а како природа преферира реализације вероватнијих догађаја она више воли мање информативне. Она кочи, омета и успорава испољавање и промене енергије, па из општости принципа највеће вероватноће можемо рећи да је принцип најмање информације узрок инерције тела. Штавише, да је узрок масе тела, ево како.

Свака честица (фотон) која би се кретала брзином светлости била би заробљена у једној садашњости. Њој самој време не би текло и утицај принципа информације био би минималан. Са становишта неког посматрача та честица била би у 3Д тако што је њена информација у једној равни (електро-магнетној) са трећом временском димензијом самог посматрача.

Међутим, ако се честица не креће брзином светлости она и сама продире у друге временске димензије, време јој тече и утолико она тамо запиње, кочи је управо принцип информације. Ми то опажамо као њену инертност, али таква има и масу мировања. Зато већа извесност честице, већа вероватноћа њеног догађања, значи њено мање присуство у другим временима (изван посматрачевих), њену мању информацију и мању енергију од масених честица; то значи и потенцијално дуже трајање, јер она нема куда него остати у времену посматрача.

Доследно, енергија расте са очекивањем (2). Број $\mu = \frac{1}{p}$ представља и фреквенцију која је иначе већа код честица веће енергије. У самом изразу очекивање нам говори колико циклуса је било потребно до поновне реализације датог догађаја, од чега посматрач види само реализације. Укратко, μ је количина нечега што не видимо али се догађа ,,испод хаубе``.

15. Оптимум перцепције

7. децембар 2020.

Демонстрирам формуле информације перцепције и интерпретације. Информација и моћ бирања живог бића већа је од неживог. Прва могу сукобљавати веће способности са већим изазовима, за разлику од пасивности неживе твари. Свакако важи принцип најмање информације, али жива бића теже попуштању у правцу једнакости и хомогенизације, а друга иду ка јединствености и раслојавању.

Информација перцепције

Интелигенцију (u) биолошких врста у (овој) теорији информације дефинишемо као величину сразмерну *слободи* (w) и обрнуто сразмерну *ограничењима* (v). Ти нови[44] појмови наизглед су приближни старима, али су од њих оперативнији и заправо прецизнији (пре свега због $u = w\colon v$).



Слобода ($w = u \cdot v$) је тада нека количина опција са којима живо биће може располагати, а ограничења су природна, вештачка или лична и уопште она које индивидуа савлађује својим перцепцијама, под којим подразумевамо интеракције чула, инстинкте, нагоне, памет и све што може чинити одлуке и изборе. Појам ,,перцепције`` схватамо управо тако да оно о чему овде причамо можемо пренети и на мртве предмете.

Догађаји перцепције елементи су неког скупа ($\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n \in \Omega$) одређеног датом јединком, а по којем ($k = 1,2, \dots, n$) разликујемо њене поједине интелигенције $u_k = u(\omega_k)$, ограничења $v_k = v(\omega_k)$ и слободе $w_k = u_k \cdot v_k$. Тако, на пример, многе животиње виде али не опажају исте боје, а оне које не опажају не утичу директно на њихове одлуке. Фотон интерагује са електроном, али не са неком другом честицом. Селективност скупа Ω изражава важно својство информације, да не комуницира све са свачим.

[44] из [8]

Другим речима, за свако биће постоји посебан скуп догађаја Ω, опсега перцепције којим дефинишемо низ (n-торку) способности $\vec{u} = (u_1, u_2, \dots, u_n)$ и низ одговарајућих ограничења $\vec{v} = (v_1, v_2, \dots, v_n)$. Први од низова дефинише интелигенцију[45] јединке, а други хијерархију окружења. Скаларни производ та два низа $w = \vec{u} \cdot \vec{v}$, где је

$$\vec{u} \cdot \vec{v} = u_1 v_1 + u_2 v_2 + \dots + u_n v_n \tag{1}$$

називамо укупном слободом или *информацијом перцепције* дате јединке. Како поједине слободе w_k представљају неке информације (количине могућности), оне су адитивне величине са законом одржања[46], па је укупна слобода њихов збир

$$w = w_1 + w_2 + \dots + w_n. \tag{2}$$

Овај збир можемо означавати и са $W = W(\Omega)$, али ознака $w = w(x)$ оставља могућност вредновања посматраних субјеката променљивом x.

Свеједно, живо биће разликујемо од неживог по већој моћи бирања, већој количини опција, а показује се и према већој информацији перцепције. За сву неживу твар коју проучава физика важи принцип најмањег дејства, њему сада додајемо начело најмање комуникације.

Наведено тумачење информације перцепције мало је другачије од претходног[47], а у наставку ћемо видети још неке сличне интерпретације. Таква разноликост примена долази од апстрактности разматрања и ширине самог појма информације. Не желимо умањити смисао савремених рачунара ограничавајући их рецимо на решавање само алгебарских једначина, па зашто бисмо сужавали домете теорије информације.

Једноставни примери

Проверимо неколико особина скаларних производа низова (вектора) које се ређе срећу у алгебри. Моја су искуства из разговора са колегама да ставове које овде износим треба полако објашњавати, корак по корак, јер сам био у ситуацијама да ми кажу ,,да када би то било тачно``, за штошта што ми је изгледало познато или тривијално.

Пример 1. За $n = 2$, посматрајмо неједнакост

$$(u_1 - u_2)(v_1 - v_2) \ge 0, \tag{3}$$

која је тачна ако су низови исте монотоности, $u_1 \ge u_2$ и $v_1 \ge v_2$, или $u_1 \le u_2$ и $v_1 \le v_2$. Производ реалних бројева истог знака ненегативан је. Отуда лако израчунавамо

$$u_1 v_1 + u_2 v_2 \ge u_1 v_2 + u_2 v_1, \tag{4}$$

[45] теорија је нова и изразе морам измишљати
[46] [18]
[47] прилог ,,14. Неизвесност``

што значи да множењем ,,већих са већим и мањих са мањим'' чланова датих низова добијамо већу информацију перцепције него множењем ,,већих са мањим и мањих са већим''. Ово добија на значају код живих бића када схватимо да је интелигенција пластична, да је иста употребљива за различите појаве. ♦

Пример 2. У случају дужих низова попут $\vec{u} = (1,2,3)$ и $\vec{v} = (4,5,6)$ релација (4) постаје:

$$1 \cdot 4 + 2 \cdot 5 + 3 \cdot 6 \geq 1 \cdot 6 + 2 \cdot 5 + 3 \cdot 4,$$

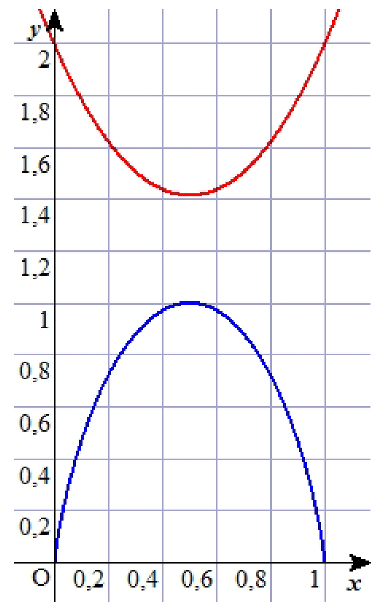
односно $32 \geq 28$, што је такође тачно. ♦

Из претходна два примера наслућујемо да сукобљавање већих способности са већим изазовима и мањих са мањим значи максималну информацију перцепције. Жива бића имају ту способност, да кажем тврдоглавости, пливања узводно и игнорисања лакших путева. Обрнуто, слабо заузимање против већих тешкоћа и веће против мањих изискује минималну информацију перцепције, карактеристичну за неживе твари. Препуштајући се судбини као кладић низ воду живо биће опонаша пасивност неживе твари.

Пример 3. Исход случајног догађаја вероватноће $x \in (0,1)$ има Хартлијеву информацију $H(x) = -\log_2 x$ бита. Вроватноћа да се исход неће десити износи $1 - x$, а Шенонова информација (математичко очекивање) таквог догађаја је $S(x) = xH(x) + (1 - x)H(1 - x)$, односно

$$S(x) = -x \log_2 x - (1 - x) \log_2(1 - x).$$

Извод ове функције изједначен са нулом даје стационарну тачку, $S'(x_0) = 0$, а отуда максимум ординате $S(x_0) = 1$ бит са апсцисом $x_0 = \frac{1}{2}$. ♦



Приметимо на доњем графу десно (плаве боје) да Шенонова информација, функција $y = S(x)$, опонаша минималну форму информације перцепције, са својом највећом вредношћу у случају једнако вероватних исхода. Иначе, то је форма неживе твари и принципа најмањег дејства из којег следе све данас у физици познате трајекторије.

Горњи граф десно, $y(x) = x \cdot 2^x + (1 - x) \cdot 2^{1-x}$ црвене боје, где су оба фактора у сабирцима растуће функције, има минимум $y\left(\frac{1}{2}\right) = \sqrt{2} \approx 1{,}41$.

Како су невероватни догађаји информативнији и обрнуто, то спонтаним чешћим реализовањем вероватнијих исхода природа настоји остварити оне мање информативне. Ово је општа појава коју називамо принципом информације, а из које и трећег примера следи да нежива твар не воли равноправност, те да је информација еквивалентна дејству.

Означимо, даље, леву и десну страну неједнакости (4) са M и m, тако да је $M \geq m$, па променимо коефицијенте другог вектора до изједначавања, рецимо до средње вредности $v_0 = \frac{v_1+v_2}{2}$, односно $\frac{4+5+6}{3} = 5$, првог и другог примера редом. Налазимо:

$$M \geq u_1 v_0 + u_2 v_0 = \frac{M+m}{2} \geq m,$$

$$32 \geq 1 \cdot 5 + 2 \cdot 5 + 3 \cdot 5 = 30 \geq 28.$$

Слично бисмо добили са променама првог вектора, а онда и са оба. Закључци су у вези једноликог ангажовања способности по ограничењима. У случају живог бића уједначавање личних напора по задацима значило би смањивање информације перцепције, а у случају неживог – повећање.

У складу са принципом информације жива бића теже попуштању у правцу једнакости и хомогенизације, а нежива иду ка јединствености и раслојавању. Откриће тих необичних спонтаних развоја вредно је додатне пажње, па друге новости теорије информације остављам за касније.

Поопштавање

Претходни ставови могу се поопштавати. Прво на n-торке реалних бројева, па комплексних, а затим уопште на векторске и метричке просторе алгебре и функционалне анализе.

Теорема 1. Ако је $u_1 \geq u_2 \geq \cdots \geq u_n$ и $v_1 \geq v_2 \geq \cdots \geq v_n$, тада је

$$u_1 v_1 + u_2 v_2 + \cdots + u_n v_n \geq u_1 v_{k_1} + u_2 v_{k_2} + \cdots + u_n v_{k_n} \tag{5}$$

где је $(k_1, k_2, \dots, k_n)$ произвољна пермутација n-торке $(1,2,\dots,n)$.

Доказ. Кренимо редом по сабирцима десне стране неједнакости (5) док не нађемо први пар фактора $u_i v_{k_i}$ неједнаких индекса ($i \neq k_i$). Тада постоји и сабирак са супротним паром индекса $u_{k_i} v_i$ који са привим сабирком може разменити друге факторе (први фактори остају исти). Обзиром на (4) и на промену само та два сабирка, на десној страни добићемо већи збир. Настављајући исти поступак, са сваком заменом увећава се збир на десној страни све док не добијемо израз на левој страни. ♦

Поменуте размене фактора, понављам, у теорији информације имају смисла због пластичности интелигенције, њене способности преношења на различите проблеме. Може се рећи да је то основно својство интелигенције насупрот препрекама које она решава сачињенима углавном од непроменљивих околности.

Теорема 2. Ако је $u_1 \geq u_2 \geq \cdots \geq u_n$ и $v_1 \leq v_2 \leq \cdots \leq v_n$, тада је

$$u_1 v_n + u_2 v_{n-1} + \cdots + u_1 v_1 \leq u_1 v_{k_1} + u_2 v_{k_2} + \cdots + u_n v_{k_n} \tag{6}$$

где је $(k_1, k_2, \dots, k_n)$ произвољна пермутација n-торке $(1,2,\dots,n)$. ♦

Доказ друге теореме аналоган је првој. Такође је једноставан и доказ следеће.

Теорема 3. Када у изразима (5) и (6) друге факторе заменимо њиховим средњим вредностима, $v_0 = \frac{v_1+v_2\dots+v_n}{n}$, они постају

$$M \ge u_1v_0 + u_2v_0 + \dots + u_nv_0 \ge m, \tag{7}$$

где су M и m редом леве стране неједнакости (5) и (6), односно максимум и минимум вредности скаларних производа вектора који се могу добити пермутацијама коефицијената $\vec{u}$ и $\vec{v}$.

Доказ. Множећи добијамо редом: $u_1v_0 + u_2v_0 + \dots + u_nv_0 =$

$$\frac{1}{n}(u_1v_1 + u_1v_2 + \dots + u_1v_n +$$

$$+u_2v_1 + u_2v_2 + \dots + u_2v_n +$$

$$\dots$$

$$+u_nv_1 + u_nv_2 + \dots + u_nv_n),$$

а то је збир који садржи максимум M и минимум m уз још $n-2$ мешовита производа. Сваки од тих n збирова није већи од M и није мањи од m, па је и збир свих подељен са n у истом интервалу бројева, што значи да је (7) тачно. ♦

У наставку се присећамо Шварцове неједнакости[48], иначе познатије од претходних теорема због чега је овде не доказујем. Она тврди да за сваки пар n-торки (вектора) важи

$$|u_1v_1^* + \dots + u_nv_n^*|^2 \le (|u_1|^2 + \dots + |u_n|^2)(|v_1|^2 + \dots + |v_n|^2), \tag{8}$$

где коефицијенти могу бити и комплексни бројеви ($u_k, v_k \in \mathbb{C}$). На десној страни неједнакости стоје квадрати норми датих вектора:

$$\|\vec{u}\|^2 = |u_1|^2 + \dots + |u_n|^2, \quad \|\vec{v}\|^2 = |v_1|^2 + \dots + |v_n|^2, \tag{9}$$

па ако је $\|\vec{u}\| = \|\vec{v}\| = 1$, што је увек у квантној механици, Шварцова неједнакост (8) постаје

$$|u_1v_1^* + \dots + u_nv_n^*|^2 \le 1. \tag{10}$$

Интерпретације у теорији информације већ сам давао[49].

Поопштавања на комплексне бројеве израза информације перцепције (1) добро су се показала, а међу њима и неједнакост (10) која нам каже да би норма скаларног производа квантних стања

[48] [2], 2.2.2 Шварцова неједнакост
[49] [1], 3.28 Ауторитет

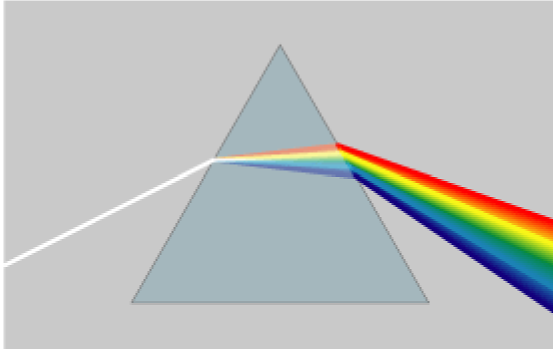
могла бити опет нека вероватноћа[50]. Доследно, стања са већом таквом вероватноћом била би склонија квантном спрезању.

Спекулације

У новој теорији свако објашњење је нека спекулација. Зато немам илузије да овим некога могу убедити у било шта, нарочито зато што је све другачије све сумњивије, али ствари могу покушати настављати[51] чинећи оспоравања недоказивим.

Од примена (1) као информације перцепције па до интерпретације неједнакости (10) пуно тога треба појаснити и проверавати. Да ли већа информација перцепције заиста представља већу ,,живахност`` и зашто би такав производ квантних стања (вектора) изражавао вероватноћу не само у формалном смислу, већ и суштински, да због већег таквог следе веће шансе спрезања датих квантних стања? На то се надовезује питање низова који одређују вероватноће мерења (Борново правило) са информацијом перцепције.

Енергија се окрива својим интеракцијама. Њутнова призма више прелама плаве таласе светлости



који са већом енергијом више запињу. Дужи електроманетни таласи даље допиру и кроз васиону јер са мање енергије мање се каче за околину.

Комптонов ефекат[52] је расејање фотона са атома при чему фотон губи део енергије, а таласна дужина му се повећава са повећањем угла скретања. Он иначе важи за доказ корпускуларне природе светлости, а ја га употребљавам и за доказ кретања у складу са принципом вероватноће, па сходно и информације. Наиме, потребна је нека сила (судар) да се промене стања вероватноће – у односу на дати фотон. Са становишта другог субјекта (експериментатора), фотон такође скреће у веће таласне дужине у више размазана стања мање густине вероватноће.

Хајзенбергова неодређеност положаја честице смањује се на уштрб импулса, времена зарад енергије, тако да је укупна информација очувана – ако информацију сматрамо еквивалентном дејству а подразумевамо да је она мера неизвесности.

Теорија игара бави се доношењем одлука и то је приближава теорији информације. Енергија као фактор количине неизвесности учиниће корак више као неочекиваност потеза која доприноси победи играча. Додатно, информација перцепције која изражава степен сучељавања ,,јаког са јаким и слабог са слабим``, мера је живахности у играма реципроцитета (око за око а мило за драго) иначе једном од најуспешнијих стратегија у играма на победу, које математичари организују на компјутерима ради тестирања теорије.

[50] Квадрати норми коефицијената квантних стања (вектора) су вероватноће обзервабли.
[51] Ова теорија нуди наставке познатих, рецимо [19].
[52] https://en.wikipedia.org/wiki/Compton_scattering

Знамо да монополиста види свој интерес у одсуству конкуренције у профиту, али да су за добробит друштва бољи дуопол и олигопол. Ту је још једна примена информације перцепције у разумевању економије тржишта француског математичара Карноа[53] (Antoine Cournot, 1801-1877) и то сада на далеко једноставнији начин, ако би основна теза била прихватљива. Штавише, тада, кроз исту идеју веће виталности суочавања једнако јаких и предности политичке конкуренције постају такође јасније.

Прихватајући да живо биће има више информације од неживе твари од које се састоји прихватамо да оно има и више опција. Ово је веза поменуте животности и енергије. Из очекивања да гледајући кроз телескоп или микроскоп, у свемирске појаве или у петријевој посуди (Petri dish), да живот препознајемо по кретању које одступа од принципа најмањег дејства физике и да нам то изгледа као да живо биће поседује додатне изборе и већу информацију, због закона одржања очекујемо да већа информација носи и веће обавезе избора.

Како се у овој причи сав простор, време и материја састоје само од информација тако да оно што макар како не делује и не постоји, а суштина информације је неизвесност, онда промена и напредак постају императиви. Васиона се стално мења, па честица која локално осцилује периодично се понављајући никада није у истом ширем контексту. При томе је њена будућност вероватно мање информативна (упоредо са порастом ентропије) и информација супстанце опада на уштрб простора који расте.

Теорију информације, какву излажем, можемо тестирати на применама од екстремно великих величина физике до екстремно малих, али рецимо и у додатном разумевању страха. Живо биће са својим вишком информације има извесну ,,зону удобности'' изнад које је страх од непознатог, а испод које је страх од тескобе. Горњи је страх од слободе, а доњи од неслободе. При томе, принцип минимализма информације тихо али упорно вуче ,,зону удобности'' на доле.

Сва околна супстанца већ је попуњена информацијом и своје се није лако отарасити, али жива бића слободе предају и огранизацији са чиме хијерархија такође постаје ,,живо биће``. Државна тежња ка равноправности говори о информацији перцепције државне структуре ближој максимуму M, него минимуму m, дакле о њеној животности, а тежња да обезбеђује сигурност грађана (да их штити од неизвесности) и да претерује са ограничењима (редукцијом слобода), говори о њеној подређености принципу (минимализма) информације такође.

Код лица посебно, склоност послушности, потреба за ауторитетом, редом и ефикасношћу, изрази су истог принципа информације, често прикривеним али по суштини једнаким много интензивнијим облицима ,,обожавања смрти''.

[53] https://www.academia.edu/39880324/Frequency

16. Декомпозиција информације

11. децембар 2020.

Објашњавам зашто се дубља „суштина“ информације може налазити у безбројним узроцима на начин да једнако можемо сматрати да те суштине заправо и нема.

Елементарна информација

По својој дефиницији информација је количина опција и већ зато можемо рећи да је има више или мање, али за њу важи закон одржања и зато је дискретна – јер само бесконачно дељиви скупови могу бити своји прави делови. Информација се преноси у најмањим порцијама јер стиже у квантима енергије, а путује квантима јер свака врши неко деловање. О томе сам писао раније, као и о следећем парадоксу неизвесности.

Свет се састоји само од информација чија је суштина неизвесност. Међутим, мање неизвесности значи више извесности, па у случају најмањих делова ако бисмо наставили причати о још мање информације говорили бисмо о више ње. Извеснији догађаји су неинформативнији, а информативнији неизвеснији су. Ови апсурди тема су прилога.

Знамо да је Хартлијева (1928) информација логаритам броја једнако вероватних исхода случајних догађаја ($n = 2,3,4, \dots$), односно логаритам вероватноће ($p = 1/n$) једног од таквих

$$H = -\log_b p. \tag{1}$$

Базом логаритма одређујемо јединицу мере информације. Она је бит када је база $b = 2$, нит када је база $e = 2{,}718\dots$ или децит ако је то број 10. Од тога нам је овде важнија вероватноћа као реалан број $p \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ који се увак може представити као производ више таквих бројева, из истог интервала.

Ако је $p = p_1 p_2$, при чему су $p_1, p_2 \in (0,1)$, из $p_1 \le 1$ следи $p/p_2 \le 1$, а отуда $p_2 \ge p$. На исти начин из $p_2 \le 1$ изводимо $p_1 \ge p$. Отуда став да фактори вероватноће, када сви представљају неке вероватноће, сви представљају вероватније догађаје од датог; они су строго веће вероватноће ако дати догађај није сигуран ($p \ne 1$). То је у складу са претходним објашњењем.

Свеједно коју базу, $b > 0$ и $b \ne 1$, логаритма да узмемо, ако је дата вероватноћа изражена производом других вероватноћа, $p = p_1 p_2 \dots p_n$, тада Хартлијева информација (1) постаје збир информација, $H = H_1 + H_2 + \dots + H_n$ са $H_k = -\log_b p_k$ за $k \in \{1,2,\dots,n\}$. Усклађеност са горњим описом је потпуна.

Због дискретне природе информације, како теореме математике и њихови токови доказа, тако и правни прописи или административне одлуке увек су неки одвојени кораци.

Очекивана вредност

Шенонова (1948) информација је математичко очекивање, или средња вредност информација (1) расподеле вероватноћа

$$S = -p_1 \log_b p_1 - p_2 \log_b p_2 - \cdots - p_n \log_b p_n, \quad (2)$$

где је $p_1, p_2, \dots, p_n \in (0,1)$ и $p_1 + p_2 + \cdots + p_n = 1$.

Знајући[54] да сваки појединi исход $(k = 1,2,\dots,n)$ има вероватноће догађања p_k и недогађања $q_k = 1 - p_k$ такве да је информација догађања приближно једнака вероватноћи недогађања, $q_k = -\log_b p_k$, просечна вредност (2) информације дате расподеле вероватноћа је приближно једнака информацији перцепције

$$W = p_1 q_1 + p_2 q_2 + \cdots + p_n q_n. \quad (3)$$

Из $x - 1 > \log_b x$, за $x < 1$, сменом $x = 1 - q$ добијамо $q < -\log_b(1-q)$, а отуда $W < S$. Потсећам[55], физичка информација (за коју важи закон одржања) већа је од Шенонове ($S < L$).

Скаларни производ вектора $\mathbf{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ норме

$$\|\mathbf{x}\| = \sqrt{|x_1|^2 + |x_2|^2 + \cdots + |x_n|^2} \quad (4)$$

мало је већи од (3), јер је

$$\left(\sum_{k=1}^n p_k\right)^2 = \sum_{k=1}^n p_k^2 + 2\sum_{i\ne j} p_i p_j \ge \sum_{k=1}^n p_k^2 = \|\boldsymbol{p}\|^2.$$

Дакле, у векторском простору норме $\|\mathbf{p}\| = \sqrt{|p_1|^2 + |p_2|^2 + \cdots + |p_n|^2}$ израз W као информација перцепције порашће ка Шеноновој информацији S и бити ближи физичкој информацији L. Вратићу се на ово у неком следећем прилогу.

Комплексна информација

Дозволимо ли да вероватноћа буде комплексан број $z = e^w \in \mathbb{C}$, онда је $w = \ln z$ (лат. logaritmus naturalis). У поларном облику коплексан број је $z = re^{i\varphi}$, са $r > 0$ и φ реалним бројевима, а са таквима Хартлијева информација (1) постаје обика

$$w = \ln r + i(\varphi + 2k\pi), \quad (5)$$

где је $k \in \mathbb{Z}$ произвољан цели број. Вероватноћа је тада периодична функција.

Таласи вероватноће проверена су појава у квантној механици, па их ни теорија информације не би требала игнорисати. Посебно зато што норме (4) и услов $\|\mathbf{x}\| = 1$ дефинишу Борнове вероватноће.

[54] 14. Неодређеност
[55] [18], Теорема 2.3.6.

Међутим, квантна механика има неке своје тајне[56] које ће нам сада помоћи да још дубље разумемо елементарну информацију са којом је започета ова прича.

Квантна стања су репрезентације вектора а квантни процеси су репрезентације унитарних оператора. То значи да у линеарној алгебри квантне механике (3) постаје:

$$w = p_1 q_1^* + \dots + p_n q_n^* = (p_1, \dots, p_n)\begin{pmatrix} q_1^* \\ \vdots \\ q_n^* \end{pmatrix} = \langle p|q \rangle, \qquad (6)$$

где су на крају употребљене Диракове бра-кет заграде за ознаке скаларног (унутрашњег) множења вектора, а $z^* = x - iy$ је коњуговано комплексан број $z = x + iy$.

Међутим, скаларни производ (6) једнак је $\langle p|\hat{I}|q \rangle$, где је $\hat{I}$ одговарајућа јединична матрица (оператор) која се на безбројне начине може представити производом такође унитарних оператора (матрица), али и неких других. Наиме, свака регуларна матрица $\hat{A}$ има инверзну матрицу $\hat{B} = \hat{A}^{-1}$ тако да је $\hat{A}\hat{B} = \hat{I}$, а таквих је безброј.

Занимљив пример су Паулијеве матрице другог реда:

$$\hat{\sigma}_x = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}, \ \hat{\sigma}_y = \begin{pmatrix} 0 & -i \\ i & 0 \end{pmatrix}, \ \hat{\sigma}_z = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \qquad (7)$$

чији квадрати су јединична матрица ($\hat{\sigma}^2 = \hat{I}$). Множећи ове матрице имагинарном јединицом добијамо три кватерниона $\hat{q}_\kappa$ са индексима $\kappa \in \{x, y, z\}$, чији парови производа множени имагинарном јединицом дају почетне Паулијеве матрице.

Према томе, дубљу „суштину“ информације перцепције можемо налазити у безбројним интерпретацијама оваквих фактора, као што можемо рећи да те суштине зато заправо и нема. Ово је аналогно представљању Фуријеових редова[57] на различите начине: скоро сваку функцију можемо са унапред датом тачношћу апроксимирати датим парчетом скоро сваке друге функције због чега можемо рећи да микро величине могу бити произвољног облика, као што можемо рећи да на њиховом нивоу облика заправо и нема.

[56] 2. Дуални вектори
[57] [1], 2.20 Фуријеов развој

17. Латентна информација

15. децембар 2020.

Објашњавам теорију настанка[58] (Emergence Theory) помоћу теорије информације и откривам још неке[59] занимљиве апроксимације.

Увод

Латентан је процес, који је тренутно скривен, дат само у потенцијалном виду, али ће се касније, евентуално, развити и манифестовати. У филозофији, теорији система, науци и уметности, *искрсавање* (енг. emergence) настаје када се код посматраног ентитета јаве својства која његови делови немају сами, особине или понашања која настају тек када делови међусобно делују у широј целини[60].

Овде ћу показати да теорија информације представљена књигом ,,Физичка информација`` [18] предвиђа такву појаву, искрсавање помоћу латентне информације. Да овај текст не би био превише у понављању додајем и неколико, надам се, убудуће корисних апроксимација.

Биномна расподела

У теорији вероватноће и статистици биномна расподела $\mathcal{B}(n,p)$ је дискретна расподела вероватноће $p \in (0,1) \subset \mathbb{R}$ и броја успеха у низу од $n = 1,2,3,\dots$ независних експеримената. При томе је број покушаја (n) фиксиран, сваки покушај је независан (ни један од њих не утиче на вероватноћу осталих), а вероватноће успешног (p) и неуспешног исхода ($q = 1 - p$) су константе.

Пример 1. Приликом бацања фер новчића могућа су два једнако вероватна исхода, било који из скупа Ω={писмо, глава} и сваки са 50-50 одсто шанси. Ако очекујемо да у једном бацању падне ,,писмо`` онда је вероватноћа повољног исхода $p = \frac{1}{2}$, као и вероватноћа неповољног $q = \frac{1}{2}$. ♦

Пример 2. Приликом бацања фер коцке могуће је шест једнако вероватних исхода, да падне један од бројева из скупа $\Omega = \{1,2,3,4,5,6\}$ и сваки са шансом $1:6$. Ако очекујемо да у првом бацању падне ,,3`` онда је вероватноћа повољног исхода $p = \frac{1}{6}$, а вероватноћа неповољног $q = \frac{5}{6}$. ♦

Вероватноћа да се у $n \in \mathbb{N}$ опита повољан исход деси $k \in \{0,1,2,\dots,n\}$ пута износи

$$p_k = p^k q^{n-k}. \tag{1}$$

Начина, комбинација да у низу од n исхода имамо k повољних је

$$\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}, \tag{2}$$

[58] на предлог колеге Д. Кошчице, проф. информатике Гимназије Бања Лука
[59] уз 14. Неодређеност
[60] в. [20]

где ,,$n!$`` читамо ,,ен-факторијел``, а на пример $4! = 4 \cdot 3 \cdot 2 \cdot 1$. Према томе, вероватноћа да се у n опита у некој од (2) комбинација деси тачно k повољних и $n-k$ неповољних исхода, свака појединa вероватноће (1), износи

$$P_k = \binom{n}{k} p^k q^{n-k}. \tag{3}$$

Јасно је да је збир свих (3) вероватноћа $\sum_{k=0}^{n} P_k = 1$ и да они чине биномну расподелу $\mathcal{B}(n,p)$.

Даљу обраду биномне, а онда и других расподела наћи ћете у поменутој књизи[61], а овде се бавимо показно само једним аспектом и једним општим примером.

Бинарна информација

За $n = 1$ биномна расподела $\mathcal{B}(1,p)$ састоји се од једног опита са два могућа исхода – повољног вероватноће p и неповољног вероватноће $q = 1 - p$. Шенонова[62] и физичка информација тада су једнаке и износе

$$S_1 = J_1 = -p \log_b p - q \log_b q. \tag{4}$$

Дозвољеном базом логарима, $b > 0$ и $b \neq 1$, бирамо јединице мере информације.

На пример, када је $b = 4$ сменом $p = x$ и $q = 1 - x$ за (4) добијамо функцију $y_1 = S_1(x)$, односно

$$S_1(x) = -x \log_4 x - (1-x) \log_4 (1-x)$$

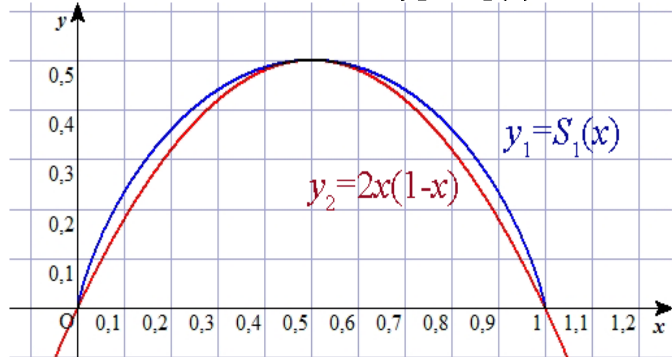
чији граф је горњи (плав) на слици десно. Та је информација двоструко већа од оне мерене у битима, када имамо приближно

$$x = -\log_2(1-x) \text{ и } 1 - x = \log_2 x$$

што сменом у (4) даје доњи, црвени граф

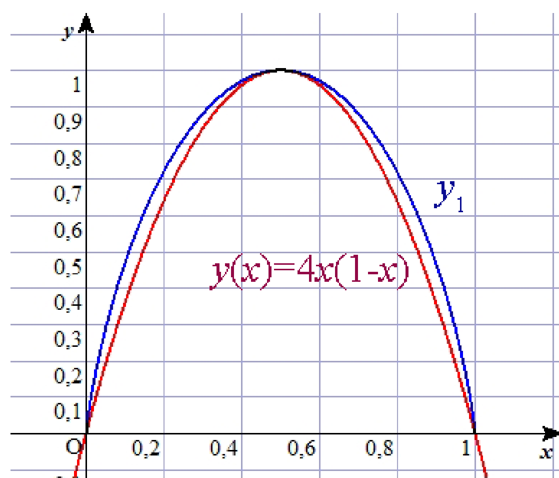
$$y_2 = 2x(1-x).$$

Горњи граф је трансцедентна функција која садржи логаритме (базе четири), а доњи је парабола.



[61] [18]

[62] Шенонову информацију у књизи [18] називао сам и техничком информацијом.



Следећи пример је на слици лево. Стављајући за базу $b = 2$ добијамо информацију (4) у битима и горњи, плави граф њене функције y_1. Доњи, црвени граф параболе

$$y(x) = 2x(1-x) \cdot 2$$

је њена апроксимација.

Уопште, за сваку дату базу логаритма, $b \in \mathbb{R}_+ \backslash \{1\}$, постоји бар једна парабола, рецимо

$$y(x) = 2x(1-x) \cdot \log_b 4,$$

која апроксимира информацију (4). Поменута следи начин претходних, а наводим их само као идеју да се Шенонова информација (4) може приближно замењивати са још неким „информацијама“ (за неки будући текст) сем „физичком“.

Тринарна информација

За $n = 2$ биномна расподела $\mathcal{B}(2, p)$ састоји се од два опита са четири могућа исхода – два повољна вероватноће p^2, повољног и неповољног вероватноће pq, неповољног и повољног вероватноће qp, два неповољна вероватноће q^2. Шенонова (техничка) и физичка информација тада су редом:

$$\begin{cases} S_2 = -P_2 \log_b P_2 - P_1 \log_b P_1 - P_0 \log_b P_0 \\ J_2 = -P_2 \log_b p_2 - P_1 \log_b p_1 - P_0 \log_b p_0 \end{cases}. \tag{5}$$

Идеја физичке информације је да се не израчунавају логаритми поновљених вероватноћа и да се затим узима средња вредност свих комбинација логаритама. Резултирајућа таква информација већа је од одговарајуће Шенонове, односно тачно је једнака двема бинарним. Физичка информација два опита једнака је двострукој информацији једног опита, $J_2 = 2J_1$.

Наиме, $J_2 = -p^2 \log_b p^2 - 2pq \log_b pq - q^2 =$

$$= -2p^2 \log_b p - 2pq \log_b p - 2pq \log_b q - 2q^2 \log_2 q$$

$$= -2p(p+q) \log_b p - 2q(p+q) \log_b q,$$

а отуда $J_2 = 2J_1$. Дакле, за ову форму заиста важи закон одржања и има смисла називати је физичком информацијом.

Латентна информација је разлика између физичке и техничке, лако налазимо

$$L_2 = J_2 - S_2 = pq \log_b 4. \tag{6}$$

Овај број приближно је пола од информације једног опита и није занемарљив. Пример једног опита је бацање коцке, или суперпозиција спина, односно кјубита (квантни бит) квантне честице. Он се састоји од око две овакве латентне информације. Пример два опита био би кјутрит (квантни

трит), суперпозиција три могућности (узајамно ортогоналних квантних стања) са информацијом отприлике три латентне (6).

Општи случај

Биномна расподела $\mathcal{B}(n,p)$ састоји се од $n = 1,2,3,\ldots$ опита са $n+1$ могућих исхода вероватноћа:

$$p^n, p^{n-1}q, \ \ldots, p^{n-k}q^k, \ldots, pq^{n-1}, \ q^n, \tag{7}$$

при чему се вероватноћа (1) може појавити у (2) комбинација. Техничка (Шенонова) и физичка информација тада су редом:

$$\begin{cases} S_n = -\sum_{k=0}^n P_k \log_b P_k \\ J_n = -\sum_{k=0}^n P_k \log_b p_k \end{cases}. \tag{8}$$

Физичка информација n опита једнака је n-терострукој информацији једног опита, $J_n = nJ_1$.

Наиме, $J_n = -\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^{n-k}q^k \log_b p^{n-k}q^k =$

$$= -\sum_{k=0}^n \binom{n}{k}(n-k)p^{n-k}q^k \log_b p - \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^{n-k}kq^k \log_b q$$

$$= -p\left[\frac{\partial}{\partial p}\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^{n-k}q^k\right]\log_b p - q\left[\frac{\partial}{\partial q}\sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^{n-k}q^k\right]\log_b q$$

$$= -p\left[\frac{\partial}{\partial p}(p+q)^n\right]\log_b p - q\left[\frac{\partial}{\partial q}(p+q)^n\right]\log_b q$$

$$= np(p+q)^{n-1}\log_b p - nq(p+q)^{n-1}\log_b q$$

$$= n(-p\log_b p - q\log_b q),$$

а отуда $J_n = nJ_1$. Дакле, за овако дефинисану „физичку информацију“ биномне расподеле заиста важи закон одржања. За друге врсте расподела дефиниција је слична и то можете пратити у поменутој књизи, а овај текст ћу завршити са нечим што се тамо не обрађује.

За латентну информацију, разлику између физичке и техничке, сада налазимо:

$$L_n = J_n - S_n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} p^{n-k}q^k \log_b \binom{n}{k}. \tag{9}$$

То су бројеви редом $L_1 = 0, \ L_2 = 2pq\log_b 2, \ L_3 = 3pq\log_b 3, \ldots,$ растући низ.

18. Таласна дужина

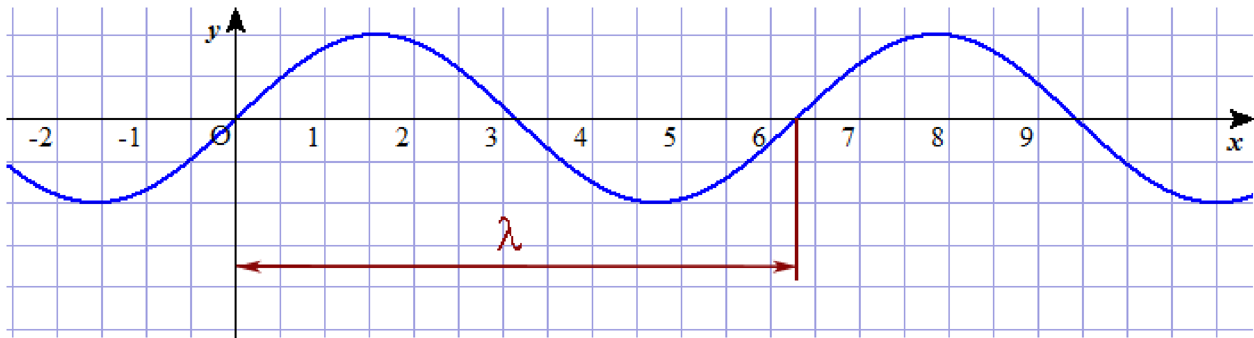
О информацији и дејству

26. децембар 2020.

Таласну дужину могуће је разумети као као „размазаност“ вероватноће положаја честице која представља талас, тако да је мања густина вероватноће већа информација. Али тада на енергију честице треба гледати мало другачије него иначе.

Увод

Таласна дужина, симбол λ (грчки: ламбда), је најмања удаљеност две тачке исте фазе једног таласа. На слици то је дужина, $\lambda = 2\pi$, једног периода синусоиде $y = \sin x$. Амплитуда означава интензитет (егзистенцију) таласа одступањем од средњих (равнотежних) положаја, овде од апсцисе. Важна формална карактеристика таласа је и фреквенција (лат. frequentare – посећивати, често чинити), учесталост или број понављања периода у јединици времена.



Елементарне честице физике, као и материја уопште, таласне су природе такође. Електрони могу примати енергију из електромагнетног поља само у дискретним јединицама (квантима или фотонима) у износу

$$E = hf, \tag{1}$$

где је E квант енергије, h је Планкова константа (приближно $6{,}626 \times 10^{-34}$ Js), а f фреквенција. Трајање једног понављања, $\tau = 1/f$, множено одговарајућом променом енергије је дејство

$$\tau E = h. \tag{2}$$

Прву формулу (1) генералише производ таласне дужине и импулса

$$\lambda p = h, \tag{3}$$

а помоћу обе, (2) и (3), лакше разумемо Хајзенбергове релације неодређености:

$$\Delta t \cdot \Delta E \ge \frac{1}{2}\hbar, \quad \Delta x \cdot \Delta p \ge \frac{1}{2}\hbar, \tag{4}$$

где Δ означава стандардне девијације, односно неизвесности, а $\hbar = h/2\pi$ је редукована Планкова константа. То су добро познати ставови физике.

Теорија информације је много шири концепт који би требао прецизно описивати и појаве неживог микро света. Основне (нове, моје) идеје теорије информације су да време настаје реализацијама случајних догађаја и да већа неизвесност поседује већи учинак (дејство). Ту се подразумева објективност неизвесности, да је информација мања што је вероватноћа већа, те да тежња природе да реализује вероватније догађаје важи као принцип (минимализма) информације, о тежњи реализације мање информативних.

Непознато је (мало личи на Хигсово поље) моје објашњење настанка масе „запињањем“ кроз време. Наиме, честице које имају масу (мировања) не крећу се брзином светлости и време им не стоји, па оне ,,продиру`` кроз слојеве времена и на њих се утолико више односи принцип информације. Оне „испод хаубе“ још нешто раде[63], што релативни посматрач из било које реалности[64] не може у целини опажати.

Светлост

Електромагнетни таласи чији најмањи делови су фотони крећу се брзином светлости. Они зато немају масу мировања нити сопственог временског тока. Зато што им време стоји, честице које се крећу брзином светлости заробљеници су неког 3Д „простора“, нарочите „садашњости“ која се састоји од две димензије информације коју носе и времена посматрача.

Једноставно речено, честице брзине светлости не могу постојати без референтног система (посматрача) на који се њихова информација односи. У противном постојала би одређена подразумевана таласна дужина и одговарајући систем координата, у мировању или кретању, њиховог извора.

Зато што ми гледамо помоћу светлости, наше опажање света је такво какво је, ограничено дометима фотона увек у неком 4Д простор-времену. Са друге стране, ни они нису у могућности да из тог света изађу, нити да нешто од нас сакрију. Додатно, због квантне природе дејства односно информације (1) и (2), енергија светлости је са фреквенцијом у тако једноставаном односу, као и импулс са таласном дужином, а због истог је брзина $c = \lambda f$ непромењљива.

Кристијан Доплер[65] је са 39 година објавио своје најзначајније дело о ефекту повећања и смањења фреквенције светлости зависно од релативног кретања звезда. Када нам се извор светлости (брзине $c \approx 300\ 000$ km/s) фреквенције f_0 приближава, брзином v, опажамо фреквенцију[66]

$$f_+ = f_0\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}},\ \ \beta = \frac{v}{c}. \qquad (5)$$

[63] 14. Неодређеност
[64] Укључујући ,,паралелне``, в. [1], 2.13 Простор и време
[65] Christian Doppler (1803-1853), аустријски математичар и физичар.
[66] Релативистичка формула за Доплеров ефекат.

Када се извор удаљава важи иста формула са променом предзнака брзине, па је средња вредност (аритметичка средина) долазеће и одлазеће фреквенције

$$f = \frac{1}{2}(f_+ + f_-) = \frac{1}{2}\left(\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}} + \sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}\right) f_0 = \frac{f_0}{\sqrt{1-\beta^2}},$$

односно

$$f = \gamma f_0, \ \ \gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\beta^2}}, \ \ \beta = \frac{v}{c}. \tag{6}$$

То је и формула за бочну (трансферзалну) промену фреквенције светлости.

Производ таласне дужине и фреквенције је (константна) брзина светлости, па (5) даје

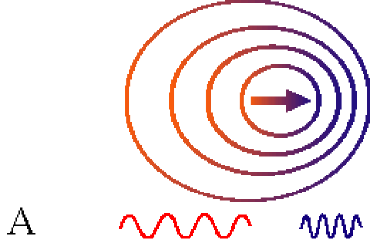
$$\lambda_+ = \lambda_0\sqrt{\frac{1-\beta}{1+\beta}}, \ \ \lambda_- = \lambda_0\sqrt{\frac{1+\beta}{1-\beta}}, \tag{7}$$

а аритметичка средина ове две дужине опет је претходне форме

$$\lambda = \gamma\lambda_0, \tag{8}$$

где је λ_0 сопствена таласна дужина светлости чији извор мирује.

На слици лево, стрелицом је приказан смер кретања извора светлости, од посматрача A ка B, и



згушњавање таласа за десног посматрача (B) ка којем се извор креће, односно разређивање за посматрача лево (A) од којег се извор удаљава. Производ таласне дужине и фреквенције, $\lambda_k f_k = c$ за $k \in \{+,-\}$, у оба случаја иста је брзина светлости, али то није случај и за аритметичке средине. Ту је занимљиво питање. Производ аритметичких средина, фреквенције (6) и таласне дужине (8), не даје брзину светлости.

Такође, када релативну енергију и време (E, t) заменимо сопственим (E_0, t_0), релативистичким формулама

$$E = \gamma E_0, \quad t = \gamma t_0, \tag{9}$$

за одговарајуће фреквенције светлости добили бисмо $f = f_0/\gamma$, што би значило успоравање учесталости и, према (1), смањивање енергије. Приметимо да то доводи до сличног наводног несклада као у управо поменутом „занимљивом питању“.

Слично гравитацији која је макро појава[67], већи приоритет у микро свету имају закон одржања и коначна дељивост дејства и информације него релативистички ефекти. У теорији информације простор и време треба третирати симетрично, из најмање 6Д мултиверзума издвајамо 4Д

[67] 11. Сила и информација

простор-време тако што три координате прогласимо просторним (x_1, x_2, x_3) а четврту ($x_4 = ict$) временском. Ову идеју оправдава таква могућност формирања релативистичких једначина, како Ајнштајнове макроскопске тако и Клајн-Гордонове микроскопске, али она долази из овде поменутог тумачења фотона.

Електромагнетни таласи дефинишу простор-време онакво каквим га видимо. Њихов извор у доласку, због релативистичког успоравања времена, у будућности је релативног посматрача све до тренутка мимоилажења од када у одласку стиже све дубље у његову прошлост. Краће релативне таласне дужине од сопствених у доласку и веће у одласку не значе само мању размазаност фотона у доласку и већу у одласку, него и већу вероватноћу будућих положаја него прошлих, односно оне нам говоре о разлогу кретања нашег тога времена, прецизније речено наше садашњости, ка будућности.

Као што се ентитет који називамо нашом садашњошћу креће из наше прошлости ка нашој будућности зато што је такво кретање вероватније, тако се и честице крећу својим трајекторијама, јер је за њих такво кретање највероватније. Доказ првог је у претходном пасусу, а овог другог је Комптонов ефекат[68].

Чаша која је на столу у овом тренутку је јер је такво стање највероватније за оне који то тако виде – за чашу, околину и посматрача. Тако ће бити и у следећем тренутку због инерције вероватноће, односно принципа најмањег дејства, или принципа најмање информације, све док на чашу не делује нека сила попут руке би чашу померила. Вероватноће се мењају силом.

Маса

За разлику од честица којима време стоји и које се крећу брзином светлости, постоје и оне које имају и сопствено трајање. Такве продиру кроз слојеве времена и на њих се утолико више односи принцип информације, дакле амортизације, односно инерције. Оне имају свој „тајни живот“ који је невидљив (фотонима) сваком појединoм посматрачу. Према томе, оне имају и „тајну енергију“ коју не испољавају, не показују свакоме.

Поделимо ли енергију на *активну* и *пасивну*[69] зависно од непосредног испољавања, односно од особине да је дати посматрач „види“ или не, рећи ћемо да светлост има само активну енергију. Она енергија која је „видљивија“ извеснија је и носи мању информацију. Отуда ће већа енергија фотона бити мање таласне дужине, јер је „размазана“ на краћем простору и са мањом је густином вероватноће.

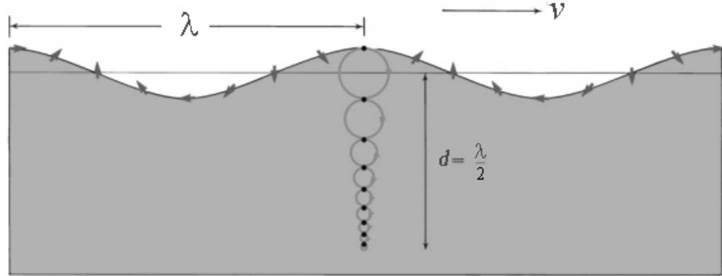
Пример 1. Таласна дужина фотона плаве светлости је $\lambda = 450$ nm (1 nm = 10^{-9} m), а црвене светлости $\lambda = 700$ nm, па је енергија ($E = hc/\lambda$) плаве светлости $4{,}4 \times 10^{-9}$ J, а црвене $2{,}8$ J.

[68] [1], 2.6 Комптонов ефекат
[69] Намерно избегавам изразе ,,кинетичка'' и ,,потенцијална''.

Пример 2. Из формуле за таласну дужину $\lambda = h/p$, где је $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ Kg m^2/s Планкова константа у SI јединицама, а импулс $p = mv$ честице, за електрон масе $m = 9{,}1 \times 10^{-31}$ Kg и брзине $v = 10^6$ m/s, добијамо $\lambda = 7{,}3 \times 10^{-10}$ m, што је отприлике дужина једног атома.

Приметимо да са порастом кинетичке енергије (масе и брзине) расте импулс електрона а опада таласна дужина. У том смислу кинетичка енергија је поменута „активна“ чије веће испољавање значи већу извесност и мању информацију.

Пример 3. Хоризонтално кретање таласа на површини мора настаје кружним кретањем честица воде испод (слика десно), а саме честице воде на врху таласа и талас крећу се у истом смеру. За брзину морских таласа такође важи формула $v = \lambda/\tau$, где је $\tau = 1/f$ трајање једног периода. Дубина ових таласа је око пола таласне дужине, $d = \lambda/2$, па њихова кинетичка енергија расте са масом воде коју захваћају и квадратом брзине.



Са порастом масе и брзине воде која учествује у таласу на површини мора расте кинетичка енергија, али такође расте и пасивна, латентна моћ те воде, па расте и таласна дужина.

Закључак

Благо речено, дискутабилно је питање да ли краћа таласна дужина заиста значи већу укупну енергију система којег представља и, према томе, јасније изражавање тог система. Теза која се овде отвара иде са схватањем света сложенијим од онога како га обично разумемо, а овај прилог је само увод увода у њену следећу разраду.

19. Декомпозиција информације II

30. децембар 2020.

Информација је еквивалент дејству, не посебно енергији или времену. Колико су енергија и импулс слободне честице глаткији и већег домена толико су простор и време непрекиднији и апстрактнији.

Бесконачност

Ово је други део истоименог прилога[70], а оба су наставак приче о једном збуњујућем месту теорије информације које сам у више наврата помињао[71] али изгледа увек са недовољно пажње. Ево о чему се ради.

Главна (хипо)теза моје верзије ове теорије је универзалност информације, њена свеприсутност у физичким интеракцијама и њиховим тумачењима. Доследно томе, информацијом требају бити обухваћене и апстрактне математичке истине, а онда имамо проблем прихватања бесконачности. Тешко је оспоравати примењљивост инфинитезималног рачуна (лимеса, извода и интеграла), као и његову тачност и скоро је немогуће у оваквим причама игнорисати га. Слично је са Канторовом[72] методом бијекције и својствима бесконачних скупова (дискретних и континуума), чије оспоравање није лак посао.

Бесконачан скуп дефинише[73] способност да (количином) буде свој прави потскуп. Најпознатији такав је скуп природних бројева за који знамо да је прави потскуп целих бројева, а да је овај прави потскуп рационалних ($\mathbb{N} \subset \mathbb{Z} \subset \mathbb{Q}$). Сва три имају исти (кардинални) број елемената пребројивог бесконачног скупа, $\aleph_0$ (чит. алеф нула). То су тзв. дискретни скупови и нису најбројнији. Већа бесконачност од дискретне је континуум какву имају реални бројеви ($\mathbb{R}$) или ирационални, прави потскуп реалних.

Насупрот бесконачностима стоје информације физичког света које су коначне. За њих важи закон одржања[74]. За физичка дејства такође важи закон одржања због чега су и она коначно дељива, квантована, па отуда еквиваленција физичког дејства и информације. Приметимо да ово „једначење“ не значи „једно те исто“, нити да (не)има смисла говорити о деловима најмањих пакета информације односно дејства. Оно значи да ти делови, ако постоје, нису самоодрживи, односно да се у физичкој акцији (информацији), или интеракцијама (комуникацијама) не могу испољавати као самостални ентитети.

---

[70] 16. Декомпозиција информације

[71] [1], 3.17 Садашњост

[72] в. https://www.storyofmathematics.com/19th_cantor.html

[73] [21], стр. 11. Различитости

[74] [1], 1.14 Еми Нетер

У претходном прилогу (16.) показао сам[75] да је егзистенција делова кванта ствар слободне претпоставке. Као у Зермеловој[76] теорији скупова где можемо претпоставити да постоји скуп веће кардиналности од пребројиво бесконачног а мање од континуума, али и не морамо. Обе теорије биће једнако тачне. Нешто слично доказао је Лобачевски[77] када је открио не-еуклидску геометрију по њему названу. Он је доказао да је нова геометрија једнако тачна као еуклидска, прецизније да је она нетачна ако и само ако је еуклидска геометрија нетачна.

Након пионирских открића, доказа да такве алтернативне теорије нису контрадикторне, даље је лакше смишљати скупове независних аксиома и на њима градити свакакве „тачне" конструкције. Постулати могу бити тако независни да преокретањем једног било којег од њих у супротно тврђење добијамо две алтернативне и једнако тачне (нетачне) теорије. У том смислу декомпозиција (самосталне) информације на њене (несамосталне) делове коректна је тема.

Следи допуна претходне приче, а детаљисање око ових редова (збирова чланова низа) циља и на један мој можда наредни прилог. За сада, поента описа Фуријеове анализе је у (весконачним) могућностима давања геометријских облика најмањим честицама физике. Сматрам их једнако тачнима као и алтернативу да оне и немају облик, сваку од тих теорија са неким својим посебностима.

Фуријеова апроксимација

Представљање функције Фуријеовим редом је математичка операција којом се функција $f(x)$ разлаже на своје „спектралне компоненте" низом функција $f_n(x)$ све тачније једнаких датој ради једноставније анализе. Дата функција $f(x)$ треба бити интеграбилна на интервалу дужине L који ће бити период сваког од чланова Фуријеовог низа $f_n(x)$.

Фуријеов низ (за $n = 1,2,3, \dots$) гласи

$$f_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} \left(a_k \cos \frac{2\pi k x}{L} + b_k \sin \frac{2\pi k x}{L} \right), \tag{1}$$

где су Фуријеови коефицијенти[78]:

$$a_k = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \cos \frac{2\pi k x}{L}\, dx, \quad b_k = \frac{2}{L} \int_0^L f(x) \sin \frac{2\pi k x}{L}\, dx. \tag{2}$$

Ако је сама дата функција L-периодична, онда ће сваки интервал дужине L бити довољан. Коефицијенти a_0 и b_0 могу се свести на $a_0 = \frac{2}{L}\int_0^L f(x)\, dx$ и $b_0 = 0$, а за период узети основни период синусне функције, $L = 2\pi$, ради појендостављивања израза. Чак и неки од првих чланова овог развоја (низа f_n) корисна је, а у техници посебно честа врста апроксимације.

---

[75] Цитирам: ,,Дубљу суштину информације перцепције можемо налазити у безбројним интерпретацијама таквих фактора, као што можемо рећи да те суштине зато заправо и нема``.
[76] Ernst Zermelo (1871-1953), немачки математичар.
[77] Никола́й Ива́нович Лобаче́вский (1792-1856), руски математичар.
[78] [22], 1.3.7 Ортогоналност

Када индекс $n \in \mathbb{N}$ неограничено расте тада текући члан Фуријеовог низа на датом интервалу тежи датој функцији, $f_n(x) \to f(x)$ за $n \to \infty$. Али и онда низ може да не конвергира тачној вредности дате функције $f(x)$ баш за свако x, рецимо у тачкама дисконтинуитета полазне функције. Ово је опет згодно својство Фуријеовог развоја да „лошу“ функцију замени „добром“.

Користећи адициону формулу за синус збира, $\sin(\alpha + \beta) = \sin\alpha\cos\beta + \cos\alpha\sin\beta$, стављајући $c_k^2 = a_k^2 + b_k^2$ и $\beta_k = 2\pi kx/L$ налазимо:

$$f_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} c_k\left(\frac{a_k}{c_k}\cos\beta_k + \frac{b_k}{c_k}\sin\beta_k\right)$$

$$= \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} c_k(\sin\alpha_k\cos\beta_k + \cos\alpha_k\sin\beta_k)$$

$$= \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} c_k\sin(\alpha_k + \beta_k),$$

где је $\sin\alpha_k = \frac{a_k}{c_k}$ и $\cos\alpha_k = \frac{b_k}{c_k}$ – могућа замена када је збир квадрата синуса и косинуса истог угла јединица, што овде јесте. Према томе, Фуријеову апроксимацију даје и ред синуса

$$f_n(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} c_k\sin\left(\frac{2\pi kx}{L} + \alpha_k\right), \tag{3}$$

где α_k представљају фазна померања основних „углова“. Такође је $\lim_{n\to\infty} f_n(x) = f(x)$.

Користећи адициону формулу за косинус збира/разлике углова са сличним заменама добија се одговарајуће разлагање дате функције у Фуријеов ред косинуса.

Затим, помоћу комплексних бројева и Ојлерове формуле $e^{i\beta} = \cos\beta + i\sin\beta$, односно:

$$\cos\beta = \frac{1}{2}\left(e^{i\beta} + e^{-i\beta}\right), \ \ \sin\beta = -\frac{i}{2}\left(e^{i\beta} - e^{-i\beta}\right), \tag{4}$$

сменом у ред синуса (3), односно одговарајући ред косинуса, или непосредно у (1) добијамо Фуријеову апроксимацију помоћу низа експоненцијалних функција. Укратко

$$f_n(x) = \sum_{k=-n}^{n} C_k e^{i2\pi kx/L}, \tag{5}$$

где су C_k одговарајући коефицијенти. Ради краћег писања сабира се и по негативним индексима. Даље, сматамо ли β_k неким информацијама (у мојим претходним прилозима демонстриране су те могућности), онда су $p_k = e^{-\beta_k}$ њима одговарајуће[79] вероватноће. Са комплексним бројевима смо у домену квантне механике.

[79] Хартлијеве информације $H = -\ln p$.

У алгебри квантне механике, када радимо са „добрим“ функцијама (без дисконтинуитета) какве су углавном оне којима описујемо природне појаве, показује се да фрагменти било које могу бити узети за формирање Фуријеове апроксимације, попут (5), произвољне друге функције. То нам каже да мајушни делови трајекторија сваке честице имају произвољан унапред дати облик, што значи и да честице немају облик. Свака од тих могућности је на свој начин тачна.

Дејство

Информација је количина (мера неизвесности) и зато што је дискретна појава постоје њене најмање (позитивне) количине. Са друге стране Планкова константа, $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ m^{2}kg/s приближно, је квант дејства. То је један од разлога да информација и дејство путују заједно.

Најмање количине информације су носиоци најчистије могуће неизвесности. Али, имати мање од неизвесности значи имати више извесности[80], па има смисла говорити о „структури кванта“, ако не о самоодрживости његових делова. На тај начин правдамо чињеницу да се и тај најмањи (позитиван) број може на безбројне начине растављати на (разне) факторе. Додатно, то значи да је могуће апстрактно посматрање „делова“ информације – које тада више нису форме „најчистије“ неизвесности.

Данас познатији фактори дејства су енергија и време, или импулс и положај. Да енергија није еквивалент информације[81], за разлику од дејства, видимо на примеру фотона (светлости). Постоји дуги спектар фреквенција $f = 1/\tau$ електромагнетног зрачења (фотона) и код слободне такве честице-таласа нема неопходног ограничења вредности. Фреквенције су реципрочне трајању $\tau = 1/f$ једног периода, таласне дужине λ, при кретању таласа, па је брзина таласа $c = \lambda f$, што је за светлост у вакууму око $c = 300\ 000$ km/s.

Различитим фреквенцијама светлости одређене су њене различите енергије $E = hf$. Сматрајући саму енергију еквивалентом информације дошли бисмо у колизију са ставом да је информација коначно дељива, а онда и са ставом да енергију нема смисла посматрати без појма времена. Ово последње, да нема промене енергије без промене времена нити промене импулса без промене положаја, прилично јасно произилази из особина Хамилтонијана[82].

Крајњи распон могућности енергија могао би имати[83] за последицу да време (трајање) и простор (дужина) могу бити континуум, а да саме информације и даље буду дискретум. Овакво закључивање произилази из претпоставке, односно сазнања да би информације могле имати (несамосталне и извесније) делове, а томе у прилог треба додати и претходно разматрање (16.).

Епилог

[80] [1], 3.20 Дихотомија
[81] наглашавам, јер то коментатори често заметну
[82] [1], 3.9 Хамилтонијан
[83] а да ли и јесте овде није реч

Расправе о дубљој „суштини“ информације у безбројним узроцима, иначе једнако коректне схватању да тих суштина заправо и нема, верујем, тек су загребане овим и претходним истоименим мојим прилогом.

20. Таласна дужина II

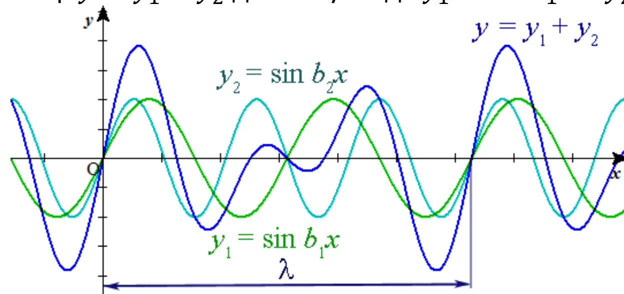
5. јануар 2021.

Таласна дужина је најмањи део таласа који се стално понавља. Она је размазана честица таласа са чијом величином опада њена густина вероватноће. Већој развучености честице-таласа одговара већа неодређеност и већа информација. Ту информацију посматрамо формално геометријски уз додатне физикалне интерпретације.

Синусоиде

Типичан талас је граф синусне функције $y_0(x) = \sin b_0 x$. Након увећања аргумента x (углови у радијанима) за његов период λ_0 читав угао $b_0 x$ увећа се за 2π који је основни период синуса. Из једначине $b_0(x + \lambda_0) = b_0 x + 2\pi$ следи $\lambda_0 = 2\pi / b_0$. Основни период λ_0 обзиром на променљиву x називамо таласном дужином дате синусоиде. Што је таласна дужина већа коефицијент b (таласни број) мањи је а кривуља издуженија, развученија по апсциси, кажемо „размазанија" је.

Збир $y = y_1 + y_2$ две синусоиде $y_1 = \sin b_1 x$ и $y_2 = \sin b_2 x$ приказан је графом лево. Рачун даје:



$$y = \sin b_1 x + \sin b_2 x = 2 \sin \frac{b_1 + b_2}{2} x \cos \frac{b_1 - b_2}{2} x,$$

а отуда

$$y = a \sin bx.$$

Ово $a(x) = 2 \cos \frac{b_1 - b_2}{2} x$ дефинише амплитуду, одступање тачке графа од апсцисе, а таласни број $b = \frac{b_1 + b_2}{2}$ густину понављања дела таласа, само једног његовог аспекта а не и таласну дужину λ на слици, која је тамо већа од $2\pi / b$.

Приметимо да су амплитуде (одступања од средишне осе) такође таласне функције $a = a(x)$, осим када је $b_1 = b_2$, односно када су таласне дужине датих синусоида једнаке. У том посебном случају, када је амплитуда константна $a = \text{const}$, она је двоструко већа од амплитуде полазних синусоида, а њихове таласне дужине једнаке су резултирајућој таласној функцији.

Претходни ставови су шире познати од раније, а следећи износе неке новине. Не можемо амплитуду сматрати само „јачином таласа" у уобичајеном смислу, јер њеним удвостручавањем (у датом примеру) не повећава се таласна дужина, која ако представља „размазаност" честице таласа и тиме информацију, морала би имати исту „јачину". Потсећам, са порастом информације система или елемента требало би да расте његова неизвесност и виталност.

Да би се то уклопило у схватање да веће амплитуде морских таласа поседују већу водену снагу, да веће амплитуде звучних таласа одређују јаче звукове, веће амплитуде дрхтања тла снажније земљотресе и слично, амплитуде можемо разумети онако како то прописује Борнов закон[84] у квантној механици. Пренесено у макро свет амплитуде још увек можемо тумачити као

[84] [22], 1.1.6 Борнов закон

вероватноће обзервабли, са незнатним подешавањем. Чешће дешавање оставља већи траг, има више интеракција, интензивније је присутно у садашњости.

У осталим случајевима, $b_1 \ne b_2$, различитих таласних бројева, а тиме и различитих одговарајућих таласних дужина полазних синусоида, $\lambda_k = 2\pi/b_k$ за $k \in \{1,2\}$, резултирајућа таласна функција $y = y(x)$ може имати и већу таласну дужину од збира улазне две ($\lambda > \lambda_1 + \lambda_2$). На пример, ако је $b_1 = 1$ и $b_2 = \frac{2}{3}$, онда је $\lambda_1 = 2\pi$ и $\lambda_2 = 3\pi$, па је $\lambda = 6\pi$, а то је број већи од $\lambda_1 + \lambda_2 = 5\pi$.

Та могућност, да укупна неизвесност удружених таласа буде већа или мања од простог збира неизвесности сабирака (λ_k), говори нам још понешто о латентној информацији[85]. Није ни сва информација нашег сопственог тела у једној садашњости (реалности), јер је потребно неко време да светлост стигне од ногу до главе – због ограничене брзине светлости ($c = 300\,000$ km/s приближно), а светлост дефинише „садањости“ посматрача јер она свог сопственог тока времена нема.

Релације неодређености

Немогуће је припремити стања квантног система у којем би се на датом правцу (x-осе) истовремено произвољно локализовали импулс (са грешком мерења Δp) и позиција (са грешком Δx). Могуће је организовати приближно мерење позиције и импулса квантне честице уз услов Хајзенбергових релација неодређености[86] (производ неодређености, $\Delta p \cdot \Delta x$, најмање је реда величине Планкове константе, $h = 6{,}626 \cdot 10^{-34}$ m^2 kg / s), тако да повећавајући тачност мерења импулса губимо на тачности мерења положаја и обрнуто, тек са већом неодређеношћу импулса можемо добијати мању неодређеност положаја.

Може се показати да су ова ограничења последица једне шире немогућности, некомутативности процеса, да заменом редоследа радњи не добијамо увек исте резултате. Није свеједно да ли ћемо прво упалити жмигавац аутомобила и скренути на раскрсници, или ћемо прво скренути па сигнализирати жмигавцем. Неки процеси нису комутативни а неки попут множења бројева јесу. За комутативне не важе одговарајуће релације неодређености, док за некомутативне важе.

Зато што је квантна механика репрезентација Хилбертове апстрактне алгебре, таква да вектори представљају квантна стања и унитарни оператори квантне процесе, некомутативност оператора (углавном су такви) поопштава Хајзенбергових релација у „принцип неодређености“. Нова извођења[87] ових поопштења и релација сталне су теме, а о многима сам и ја писао[88]. Нећу те доказе понављати, али морам поменути део објашњења.

Релативистичке једначине (небеске и квантне механике) пишемо у 4Д координатама простор-времена тако да апсцису означавамо са $x_1 = x$, ординату са $x_2 = y$, апликату $x_3 = z$, а време

[85] 17. Латентна информација
[86] [8], 3.3 Квантна механика, слика 3.4 Хајзенбергов микроскоп
[87] [23]
[88] [22], 1.4.4 Принцип неодређености

имагинарном дужином $x_4 = ict$ коју би светлост прешла за време t. У таквом систему координата импулси су $p_1 = p_x$, $p_2 = p_y$, $p_3 = p_z$ са четвртом кооридинатом енергијом $p_4 = iE/c$. Тако су:

$$\hat{p}_n = -i\frac{h}{2\pi}\frac{\partial}{\partial x_n}, \quad \hat{E} = i\frac{h}{2\pi}\frac{\partial}{\partial t}, \tag{1}$$

три оператора импулса ($n = 1,2,3$) и оператор енергије, док су оператори координата проста множења тим координатама.

Вектори на које оператори (1) делују су таласне функције облика

$$\psi_k = A[\cos(\omega t - kx) - i\sin(\omega t - kx)] = Ae^{-i(\omega t - kx)} = Ae^{-i\omega t}e^{ikx}, \tag{2}$$

при чему је густина вероватноће $|\psi_k(x,t)|^2 = A^2$ једнообразна и независна од времена. Одговарајуће релације неодређености ($k = 1,2,3$) су:

$$\Delta p_k \Delta x_k \ge \frac{h}{4\pi}, \quad \Delta E \Delta t \ge \frac{h}{4\pi}. \tag{3}$$

Оне се могу добити из некомутативности оператора, израчунавањем:

$$(\hat{p}_k\hat{x}_k - \hat{x}_k\hat{p}_k)\psi_k = \frac{ih}{4\pi}\psi_k,$$

и уклањањем таласне функције ψ_k, јер добијена једнакост важи за сваку (2).

То су познати ставови од раније, а следеће су новине. Посматрајмо на пример другу релацију (3), коју приближно, у најбољем случају мерења можемо писати

$$\Delta E \Delta t = h. \tag{4}$$

На левој страни ове једнакости је производ неодређености енергије и времена, на десној је квант дејства.

Обзирим да слободну информацију сматрамо квантованом, а неодређености уопште неким (везаним) информацијама, онда је десно у једнакости (4) квант информације. Повећавајући његов фактор ΔE умањује се Δt тако да производ остаје константан. Извлачећи један од фактора у садашњост, у реалност, повећава се његова извесност и утолико смањује извесност другог.

Слично увиђамо у производу неодређености импулса и положаја

$$\Delta p \Delta x = h, \tag{5}$$

узетој дуж једне, било које од просторних оса. Чинећи (мерењем, интеракцијом са мерним уређајима) извеснијим положај честице њен импулс нам постаје неизвеснији, јер мање од кванта информације (h – кванта дејства) није могуће имати на слободи.

Са друге стране, ово Δx, односно Δt, су таласна дужина односно период честице-таласа, па (4) и (5) говоре о информацији на начин који је поента овог текста. Талас је периодична промена у времену или простору, са периодима или таласним дужинама које представљају „размазаност“, дакле неодређеност честице таласа, а тиме и њене информације.

Са овим објашњењем допуњавамо разумевање таласне функције (2). Амплитудом A, односно квадратом интензитета $|\psi|^2$, дефинисана је вероватноћа. Можемо додати да је логаритмом вероватноће дефинисана информација, а због

$$k = \frac{2\pi}{\lambda},\ \ \omega = 2\pi f,\ \ f = \frac{h}{p},\ \ E = hf,\ \ \hbar = \frac{h}{2\pi},$$

имамо други облик истих вредности таласне функције

$$\psi(x,t) = Ae^{i(px-Et)}. \tag{6}$$

Из тог облика (6) види се да је у експоненту дејство, да је оно информација и то прво као логаритам вероватноће, а затим на основу тумачења (4) и (5).

Епилог

Информација је мера неизвесности. Физичка информација би требала бити врста „количине опција“ која се у основи подудара са математичком а можда и техничком дефиницијом; Харлијевом (логаритам броја једнако-вероватних могућности) а можда и Шеноновом (математичко очекивање Хартлијевих). Са друге стране, за њу треба да важи закон одржања и зато се Хартлијева чини сасвим у реду, док је Шенонова само приближна.

Због закона одржања, кандидати за „физичку информацију“ јесу наизглед оба и енергија и дејство (производ енергије и времена), али даља селективност долази из захтева да та информација буде мера „живахности“ (виталности). Посебно када приметимо да свако таласање носи неку информацију, да већа таласна дужина може значити већу неодређеност положаја тог таласа, односно мању густину вероватноће његовог места и према томе већу информацију (више неизвесности – више информације).

Код таласа воде, звука и уопште таласања супстанце, већа таласна дужина значи већу количину захваћене супстанце (већу масу и енергију према $E = mc^2$), већу кинетичку енергију честица које учествују у преносу таласа. У том смислу чини се исправним тражити сагласност енергије са таласном дужином и информацијом. У поређењу са дејством, у макро-свету физике, када посматрамо кретање таласа у једнаким интервалима времена (што је тада увек могуће) једнаке енергије могу значити исто што и једнака дејства.

У микро свету физике то више није могуће. Помислимо само на фотон (честицу-таласа светлости) чија енергија је производ кванта дејства и фреквенције ($E = hf$), а чија брзина ($c = \lambda f$) је производ таласне дужине (λ) и фреквенције (f), па је енергија обрнуто пропорционална таласној

дужини ($E = hc/\lambda$), а и даље пропорционална дејству (h) и иначе константној брзини светлости (c). Ово најмање дејство остаје и даље пропорционално таласној дужини ($h = E\lambda/c$).

Ето то је један од разлога зашто је „информација“ пре дејство него енергија. Други, можда и важнији, долазе из „информације перцепције“, једне под-теорије ове теорије информације, али то је још дужа прича.

21. О паралелној реалности

5. јануар 2021.

Прилог је извод из једног мог старијег разговора са рецимо анонимним колегом. Његова питања и моје одговоре наводио сам по сећању и надам се да он неће замерити ако се препозна и евентуално открије да сам понегде претерао.

Питање: Где је та „паралелна реалност“ у теорији релативности и где ти је ту твоја „теорија информације“?

Одговор: У специјалној теорији релативности, инерцијалних једноликих праволинијских кретања, релативно време физичког система (тела посматраног у кретању) тече спорије од сопственог (посматраног у мировању). Надам се да се са тиме слажемо?

П: Да свакако. Шта даље?

О: Са стране микросвета, вакуум је препун виртуелних честица које у изванредно кратком трајању успевају постати реалне и анхилирати се (поништити, вратити у виртуелно стање). Због успоравања времена, те привремено реализоване честице за време свог кратког живота не постоје у стварности релативног посматрача већ само у стварности сопственог.

П: Занимљиво запажање. Хоћеш рећи да физичка реалност за једног од узајамно реалних субјеката може бити другачија него за оног другог?

О: Тако је, али има још. Тело сопственог посматрача (субјект А који мирује у покретном физичком систему) у односу на релативног (субјект Б у односу на који се А креће) делом је у некој другачијој реалности, недоступној релативном посматрачу. Време сопственог (субјекта А) зато спорије тече са становишта релативног (субјекта Б) јер се део времена троши на другу реалност.

П: Као да сопствени (А) гази два временска тока одједном у односу на релативног (Б)?

О: Тако је некако. Укупни сопствени проток времена за сваког од њих (било А или Б) исте је количине, али сваки од њих не види неки део целине тока оног другог. Сваки своју брзину баждари према ономе из свог окружења, па су сопствене вредности оба посматрача исте, али не и релативне које дефинисане у једном систему мере нешто у другом. Када год постоји ефекат успоравања времена имамо сличан резултат, а та прича има и шири контекст[89].

П: Сјајно. Већ у самој теорији релативности, значи, имамо улаз у теорију „много светова“ квантне механике (Еверет, 1957). Колико сам разумео, тиме се могу покрити и још неке мало новије теорије о различитим реалностима истог у односу на узајамно реалне посматраче. А где је ту твоја теорија информације?

---

[89] [1], 2.13 Простор и време

О: У књизи Простор-време из 2017. године, в. [17], или неком мом још ранијем тексту (компликоване књиге су последице гомила претходног рада), већ на самом почетку наћи ћеш тезу (сада је мање сматрам хипотезом) да време и садашњост настају реализацијама случајних догађаја. Што се мање тих догађаја реализује, са становишта релативног посматрача, спорији је ток времена.

П: Релативну брзину тока времена дефинише количина опажених случајних исхода?

О: Да. Штавише, (релативно) време система у кретању тече спорије (од сопственог) тачно за онолико колико виртуелних догађаја релативни посматрач не види као реалне у односу на сопственог.

П: Укупна количина случајних исхода физичког система је информација мерљива брзином протицања времена?

О: То је претпостављена последица информације чија суштина је случајност (непредвидљивост, неизвесност). Она је логична мера таквих, информација је интензитет количине опција.

П: Може ли теорија „опште неизвесности“ објаснити узрочно-последичне законитости?

О: Наравно, али није само моја теорија информације та која извесности објашњава[90] помоћу неизвесности, него је ту и теорија вероватноће, па наизглед и ,,теорија струна''[91] (непроверена је) која ни мало није моја али личи на њену одметнуту сестру.

П: Шта видиш добро у теорији струна и шта јој замераш?

О: Слагао бих када бих рекао да сам се озбиљније бавио њоме и да би моје мишљење могло бити квалитетно. Али, разматрао сам неке диференцијалне једначине о „струнама“ чија решења би могла бити веома различите реалности. То јој је колико тежак толико и инспиративан део, охрабрујући за бављење са „много светова“ квантне механике Еверета, а сада и теорије информације. Међутим, те једначине вуку на неку другу страну, њихова концепција је детерминистичка за разлику од моје.

П: Постоје ли у класичној физици још негде тако немерљиве „реалности“?

О: Заправо да. Није могуће измерити брзину светлости само у једном смеру[92] и по конвенцији се узима да је она иста у свим правцима и смеровима. То није могуће нити доказати нити оспорити, а није чак ни постулат.

П: Како на такве алтернативе гледају математичари?

---

[90] [1], 4.1 Конкретно и апстрактно

[91] String theory, https://www.britannica.com/science/string-theory

[92] the speed of light cannot be measured, https://www.youtube.com/watch?v=pTn6Ewhb27k

О: У Зермелоој теорији скупова (1908) показује се да је могуће прогласити егзистенцију бесконачности веће од пребројиве а мање од континуума и да је такође могуће претпоставити да такве бесконачности нема. Обе теорије биће једнако тачне.

Други пример даје Лобачевски (1826) који је изградио геометрију на Еуклидовим постулатима окренувши један у супротан, онај о паралелним правама. Затим је доказао да су те две геометрије, његова хиперболична и равна еуклидска, једнако истините.

П: Када имамо независан скуп аксиома онда сваки од њих можемо заменити његовом негацијом и добити једнако коректне, или једнако некоректне математичке теорије?

О: То би била дефиниција „независних аксиома“, а Лобачевски и Зермело су трасирали пут да их приметимо и разумемо. Сличне идеје јављају се сада у физици, о постојању реалности са којима не можемо комуницирати.

П: Шта би то значило када би ова „теорија информације“ била на тај начин „и тачна и нетачна“?

О: Значило би да са њом имамо један леп опис стварности који би био необорив физикалним методама, фантастично добро би се уклапао у сва позната и нова тумачења, такав који не бисмо могли било каквим реалним или мисаоним експериментом дефинитивно потврдити нити оспорити. Затим би приметили да су и остале наше теорије, нарочито оне које сматрамо провереним, углавном тако алтернативне, да не кажем фантомске.

П: Истина није само једна?

О: Када имамо неку физичку појаву у пракси, или у експерименту, а коју не можемо објаснити неком теоријом, онда је сматамо чудом, парадоксом или изазовом за науку до даљњег. Међутим, од будућег научног приказа увек очекујемо да има математичку логику, њену оштрину и начин. Зар је онда разумно надати се да математика даље открива алтернативе, засниване на супротним али независним аксиомама а које су једнако тачне, а да то нема свој одраз у схватању физике?

22. О паралелној реалности II

10. јануар 2020.

Додатак „методе скуова“ објашњењу паралелних реалности.

Увод

На основу релативистичког успоравања времена система B који се креће инерцијално и једнолико праволинијски x-осом брзином v у односу на систем A, а због веома краткотрајних реализација виртуелних честица квантне механике у систему B, које се због краткоће живота не могу опажати у A, закључујемо да релативни посматрач (A) не може опажати све реалне сопствене догађаје (B) . То је тема претходног истоименог прилога[93].

Релативно трајање Δt сопственог времена Δt_0 износи $\Delta t = \Delta t_0 \cdot \gamma$, где је

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{1}$$

тзв. Лоренцов коефицијент, а $c = 299\,792\,458$ m/s је брзина светлости у вакууму. Због дужег релативног трајања сопствене секунде, из B се време A опажа успореним $1/\gamma$ пута.

Толико пута су краће и јединице дужине $(\Delta x = \Delta x_0/\gamma)$ по правцу кретања, релативне (Δx) у односу на сопствене (Δx_0), али нема скраћивања јединица дужине у окомитој равни (ординате и апликате) на правац кретања (паралелног апсциси), јер у тој равни нема кретања. Релативна енергија у истој размери са увећањем јединица времена већа је од сопствене $(E = E_0 \cdot \gamma)$, па према томе (због $E = mc^2$) једнако је увећана и релативна маса тела. Израчунавања ових односа добро су позната у физици.

Скупови

Скуп догађаја који *релативни* посматрач A може опажати из покретног система B даље означавамо са $B \to A$, а информацију, количину тих догађаја са $|B \to A|$. Јасно је да би $B \to B$ требао бити скуп *сопствених* догађаја, онога што посматрач или физички систем B може опазити на самом себи. Због ограничене брзине светлости веће тело превазилази сваку сопствену садашњост, па је $(B \to B) \subset B$, а наравно $(B \to A) \subset (\mathrm{B} \to B)$. Такође је $|B \to A| < |B \to B| < |B|$.

Из описаних немогућности опажања произилази да физичка тела, која могу узајамно интераговати (комуницирати), не виде тачно исте реалне појаве. Не постоји јединствена стварност. Та несагледивост дефинише једну нову врсту „објективне случајности“ и њоме додатну неизвесност релативних система, па потом њихову већу информацију и дејство.

[93] в. https://www.academia.edu/44856563/About_parallel_reality

Већа информација релативних система иде са мањом ентропијом. О мањој релативној ентропији сам писао у више наврата[94], али сада су ту нови моменти. Такође, ранијем тумачењу повећања релативне инертности и масе тела успоравањем времена, сада додајемо повећање масе порастом неизвесности. Новост је и у употреби следеће скуповне једнакости, иначе познате из теорије вероватноће Колмогорова[95].

Када је количина дата скупом нека адитивна функција, као вероватноћа Колмогорова (или сада информација), тако да за дисјунктне скупове на слици лево важи:

$$|A' \cup B'| = |A'\backslash B'| + |A' \cap B'| + |B'\backslash A'|,$$

онда је $|A'| = |A'\backslash B'| + |A' \cap B'|$ и $|B'| = |A' \cap B'| + |B'\backslash A'|$, па је

$$|A' \cup B'| = |A'| + |B'| - |A' \cap B'|.$$

Стављајући $A' = B \to A$ и $B' = A \to B$, дакле смењујући дате скупове горе поменутим релативним опажањима, добијамо једнакост

$$|(B \to A) \cup (A \to B)| = |B \to A| + |A \to B| - |(B \to A) \cap (A \to B)|. \qquad (2)$$

Интерпретација је на први поглед неочекивана. Унија узајамних релативних опажања два система даје мање од простог збира. То смањење утолико је веће што су релативна опажања блискија, што имају више заједничког, када са више истог њихова унија губи на непредвидљивости а отуда и на укупној информацији.

Свемир

Знамо да се места (галаксије) у свемиру удаљавају утолико брже што су даље. Са већом удаљеношћу светлост од њих до нас путује дуже па ми заправо гледамо све даљу њихову прошлост. То су већ два разлога која повећавају релативну неизвесност. Први, релативистичко успоравање времена сразмерно Лоренцовом фактору (1) и затим поменутим формализмом скупова са једнакошћу (2) – може се критиковати на један неочекиван начин.

Са већом удаљеношћу галаксије B од наше галаксије, нас на месту A, већа је брзина v и већи је коефицијент γ, па бисмо требали да опажамо релативно спорији ток времена система B од његовог сопственог. Причам са резервом, јер постоји могућност да наше време (сопствено било ког места у васиони) протиче све спорије у односу на произвољан догађај фиксиран у историји космоса[96], тако да ток времена B посматрано из A не би морао ићи са фактором (1).

Другачија неизвесност тиче се формуле (2). Наиме, због ограничености брзине светлости којом се преноси информација, односно симетрије простора и времена ($x_4 = ict$), једнако како је исход будућих догађаја неизвесан тако је неизвесан и расплет удаљених стања. Свеједно, било каква била, свака од неизвесности, (1) или (2), одводи објекат B делом у неку паралелну реалност у односу на A на начин да се та два отуђења допуњују.

Епилог

[94] [1]
[95] Колмогоров, Андреј Николаевич (1903-1987), руски математичар.
[96] [1], 3.30 Одложена гравитација

Ово је само наговештај, напомена о „методи скупова“ којом понекад (ретко) убрзам или појасним приватне мисли у теорији информације, а коју сам обећао колеги да би је он можда даље разрађивао. Нешто од тога можда и ја изнесем касније.

23. Дејство и информација

12. јануар 2020.

Кажеш информација су таласи, па информација је дејство, хм, ... нејасно[97]. Како то?

Појаснићу у неколико, надам се, једноставних корака. Прво је теорема Еме Нетер[98] о закону одржања у физици изведена из Ојлер-Лагранжових једначина кретања. Друга је о најмањим деловима информације. Остало су примери.

Закон одржања

Прво, ако важи симетрија онда важи закон одржања и обрнуто (Нетер, 1915). Парафразирано: Ако систем има својство континуиране симетрије (да би могле важити диференцијалне једначине Ојлер-Лагранжа), онда постоје одговарајуће величине чије су вредности сачуване у времену[99]. Или, мало стручније: Свакој диференцираној симетрији генерисаној локалним деловањем одговара очувана струја.

У геометрији, симетрије су „изометријске“ (грч. *isos-metron* = исте мере) трансформације, оне које чувају удаљеност тачака. Тих „непроменљивости“ нема много (огледалска, осна и централна симетрија, транслација и ротација) и све се могу свести на ротације. Оне су основа употребе ове теореме у физици.

На пример, непроменљивост физичког система на просторно померање (транслацију) даје закон очувања линеарног (обичног, p) импулса. Непроменљивост у односу на ротацију даје закон очувања ротационог (ангуларног) импулса.

Нетерова теорема је тешка за доказати, али до данас је широко прихваћена у физици.

Дискретни скупови

Друго, ако важи закон одржања онда је појава дискретна. Дискретни су скупови са најмањим али већим од нуле деловима, којих може бити бесконачно много. Ово се чини да је у контрадикцији са првим, због захтева диференцијабилности, али није јер је „Нетерова теорема“ шира од диференцијалних једначина из којих је изведена.

Доказ дискретности информације једноставнији је, али је непознат и на први поглед апсурдан. Следи рецимо из дефиниције бесконачности, овде бесконачне дељивости, да су бесконачни скупови они и само они који могу бити своји прави потскупови (први је сав у другом, а други има још неких елемената). На пример, скуп природних бројева $\mathbb{N}$ = {1,2,3,...} и скуп целих бројева $\mathbb{Z}$ = {0, +1,-1,+2,-2,...} бесконачни су и први је прави потскуп другог, $\mathbb{N} \subset \mathbb{Z}$.

[97] Питао ме колега који није из струке.
[98] [1], 1.14 Еми Нетер
[99] [24]

Ево шта су апсурди те теореме. На пример, енергија није квантована, јер из познате релације зрачења $E = hf$ (енергија E је производ Планкове константе $h = 6{,}626 \times 10^{-34}$ m^{2}kg/s и фреквенције електромагнетног зрачења $f = 1/T$, где је T период једне осцилације) не следи да постоје неке најмање фреквенције f, односно најдужи период T, већ само да је дејство $h = ET$ квантовано.

Према томе, пре свега, поставља се питање откуд онда „закон одржања енергије"? Одговор је у макро-свету где ,,енергију система'' дефинишемо као количину током датог (увек константног) интервала времена. Дејство је константно, али тада је и енергија константна. Замислимо ли, напротив, парну машину (закон одржања енергије је заправо „први закон термодинамике", касније генералисан на друге области физике) која производи енергију, али не дефинишемо трајање тог произвођења, онда нема ни закона одржања енергије.

Дакле, није „закон одржања енергије" тај који следи из Нетерове теореме, него је то Планков закон зрачења[100]. Квант (производ енергије и трајања) је та најмања порција супстанце која може постојати самостално и коју називамо честицом.

Треће. Опширан сам, али без овог корака информација (моје теорије) не може се разумети. Квантни системи (физичка структура, од елементарне честице до највећег њиховог мноштва) репрезентације су вектора (апстрактне Хилбертове алгебре), а њихове промене, тзв. квантне еволуције, или процеси, су унитарни оператори. Ствар је у томе да су ови оператори реверзибилни, памте оригинале (из слике се може реконструисати лик), што значи да се у квантним процесима не губи информација. Квантне еволуције су врсте симетрије (транслација, временом, у простору), па имамо закон одржања, а онда и дискретност.

Примети да се у овом извођењу (доказу) може ићи последицом директно на дискретност и избећи проблем са диференцијалним једначинама и применом Нетерове теореме, али то није неопходно. Наиме, ако у Планковој формули енергија, дакле време (периоди фреквенција), а слично и дужина нису квантовани, онда немамо проблем са непрекидношћу простор-времена, нити са валидношћу Ојлер-Лагранжових једначина.

Квантовано је дејство и квантована је информација, а даље треба само показати да постоји ,,макар неко дејство'' које преноси „макар неку информацију" (што није спорно) из чега следи да су дејства и информације еквивалентни. То су величине које тако путују заједно да чине тзв. изоморфизме[101] (апстрактне алгебре).

Таласи

Коначно, зашто су ту таласи? Одговор је у хипотези Луја де Броја (1924) и касније у Шредингеровој једначини (1925), из којих следи да је сва материја таласне природе[102]. Дејства су квантована па је сва материја у „честицама", а како сва њена својства описује таласна једначина (Шредингера) то је

[100] https://www.britannica.com/science/Plancks-radiation-law
[101] Изоморфизам у математици представља обострано једнозначно пресликавање.
[102] [1], 3.5 Квантна стања и процеси

она у пакетима које називамо „честицама-таласима“. Информација је такође квантована, па је и она, сва слободна информација, у тим честицама-таласима.

Брзина кретања таласа ($v = f\lambda$, где је фреквенција f, а λ је таласна дужина) говори нам нешто и о маси (m) њихових честица. Када је то брзина светлости ($v = c =$ 299 792 458 m/s), честице таласа немају масу мировања, време им стоји и сав њихов садржај је у времену посматрача. У том смислу оне немају додатне неизвесности, а њихова фреквенција је показатељ „врсте живахности“. Нема даље, јер, сетимо се, информација је количина података и не бави се њиховом врстом.

Када је брзина кретања таласа мања од брзине светлости ($v < c$) оне имају масу (мировања), време им тече и њихов садржај није сав у времену посматрача. Важи и обрнуто, када честица има сопствени ток времена она је делом у паралелној реалности (у односу на датог посматрача) и због принципа минимализма информације добија на инерцији, па има сопствену масу. Њена брзина није брзина светлости, јер би јој релативна маса тада била бесконачна.

Де Бројеву таласну дужину $\lambda = \frac{h}{p} = h/mv$ придружену маси m честице у релацији са импулсом p и Планковом константом, експериментом је прво потврдио Томсон[103], за шта је добио Нобелову награду 1937. године, а независно то је учињено и Девисон-Гремеровим експериментом (1923-1927), у оба случаја на електронима. Отуда је $h = \lambda p$, што значи да је дејство (h) пропорционално таласној дужини и импулсу, а у том смислу енергији и маси. Зато можемо рећи да је и информација пропорционална таласној дужини и импулсу.

[103] George Paget Thomson (1892-1975), енглески физичар.

24. Бернулијево привлачење II

14. јануар 2021.

Ово је наставак истоименог текста [25] и сличних текстова о вези између Бернулијевог закона, квантне механике и гравитације, сада са нагласком на начелни минимализам информације.

Увод

Да постоји веза између „информације перцепције“ и Бернулијевог закона писао сам тумачећи ентропију (август 2016, [26], стр. 10-11), или простор-време (18. мај 2017, [17], стр. 76-77). Недуго затим Бернулијево привлачење примећено је посебно у квантној механици (30. мај 2017, [27]), или недавно у гравитацији и покушају објашњења „тамне материје“ (јануар 2021, [28]).

Тему су ми ових дана поново наметнули познаници (не желе да их помињем и нису из струке) надајући се додатним појашњењима, пре свега динамике флуида са становишта (моје) „теорије информације“. Верујем да су ови покушаји занимљиви, а можда и коректни, те да ови прилози имају нешто заједничко што се може повезати „принципом информације“. Зато одговарам.

Успоравање времена

Релативну брзину временског тока дефинише количина реализованих случајних догађаја. То је (радна) идеја коју следим из периода пре писања књиге ,,Простор-време'' [17] и разумно је очекивати да је опет искушам. Не бежим при томе од екстремних примена.

Успоравање временског тога запажа се на телу које се креће инерцијално једноликом брзином v, пропорционално Лоренцовом коефицијенту

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{1}$$

где је приближно $c = 300\,000$ km/s брзина светлости у вакууму. То је познато из специјалне теорије релативности. Из опште теорије, у Шварцшилдовој метрици, централно симетричних гравитационих поља, имамо слично успоравање где у датом гама коефицијенту треба користити замену $v^2 = 2GM/r$, где је $G = 6{,}674 \times 10^{-11}$ m^3 kg^{-1} s^{-2} гравитациона константа, M маса тела које производи гравитацију, а r удаљеност тела на које гравитација делује до центра силе.

Мало другачије примере дају центрипетална и центрифугална сила као пар сила акције-реакције повезана са кружним кретањем. Када се тело креће по кружници полупречника r брзином v онда оно има центрипетално убрзање

$$a = \frac{v^2}{r}. \tag{2}$$

Оно је усмерено од центра, настојећи удаљавати тело силом $F = ma$, при чему је m маса датог тела. Протекло сопствено време тела Δt_0 релативно опажено од посматрача који мирује износи

$$\Delta t = \Delta t_0 \cdot \gamma, \tag{3}$$

што значи релативно успоравање временског тока, сопственог множеним са $1/\gamma$, односно толико пута мању количину релативно опажених случајних догађаја везаних за дато тело. Овај дефицит времена долази од присуства дела сопствених догађаја у паралелној реалности који нису видљиви релативном посматрачу, о чему сам више пута писао (в. [29]).

Принципијелно привлачење

Због принципа минимализма информације, према којем физички систем спонтано тежи стању мање информације, јављаће се привлачна сила која тело вуче из система са бржим ка систему са споријим временским током (ако га нека друга сила у томе не спречава). Другим речима, тело ће спонтано настојати прећи у систем са мањом количином реализација случајних догађаја. Сва гравитациона привлачења и све центрифугалне силе могу се свести на овај принцип.

Да се центрифугална одбојна сила може овим принципом свести на гравитациону привлачну разумећемо помоћу следећег „експеримента“. Замислимо инверзну ситуацију ротацији крутог тела, где у некој равни имамо све брже ротације тачака простора које су све ближе центру. Општије, замислимо „кретање“ тачака простора чија брзина расте са приближавањем датом центру. Доследно поменутом тумачењу, тада ће се десити инверзно убрзање центрипеталном, оно које попут гравитационог вуче тело ка центру.

Доследно истом тумачењу, настаје и Бернулијево привлачење. Укупна механичка енергија флуида (гасова или течности) постоји у два облика: потенцијалној и кинетичкој[104]. Кинетичка енергија флуида складишти се у статичком притиску P и динамичком притиску $\frac{1}{2}\rho v^2$, где је ρ густина флуида (у SI јединицама: kg/m^3) а v је брзина флуида (у SI јединицама: m/s). Јединица SI система за статички и динамички притисак је „паскал“. Бернулијева једначина је

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{constant}. \tag{4}$$

Статички притисак (P) је онај у датој тачки флуида, а динамички ($\frac{1}{2}\rho v^2$) је кинетичка енергија по јединици запремине честица флуида. Течност нема динамички притисак када се не креће. Када нема промене у потенцијалној енергији дуж тока, Берноуллијева једначина (4) подразумева да је укупна енергија дуж тока константна и да изражава равнотежу између статичког и динамичког притиска. Она изражава притисак дуж струје.

Ако дође до значајних промена висине или ако је густина течности велика, промене потенцијалне енергије не могу се занемарити и треба уважити додатак ρgh. Тада Бернулијева једначина гласи

$$P + \frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh = \text{constant}, \tag{5}$$

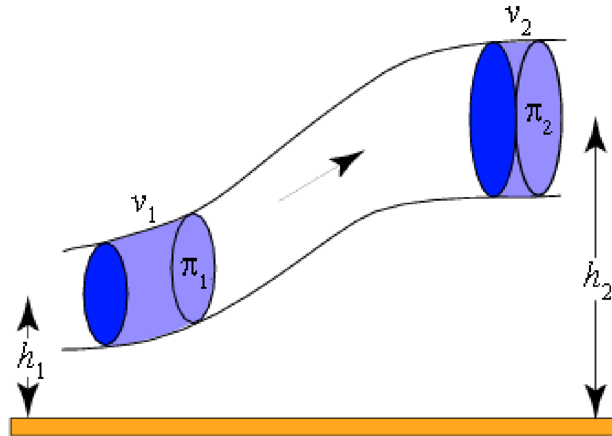
[104] Даље следим текст из уџбеника динамике флуида.

где је $g = 9{,}8\ \text{m/s}^2$ гравитационо убрзање земљине теже приближно, а h је висина (дубина) на коју се флуид пење (спушта).

Извођење једначине

Класично се Бернулијева једначина изводи интегрирањем Њутновог другог закона дуж струје са гравитационим и силама притиска на флуид. Обзиром да било каква размена енергија долази из конзервативних сила, укупна енергија дуж струје константна је и једноставно се замењује између потенцијалне и кинетичке.

За поједностављено извођење Бернулијевог закона[105], замислимо цев кроз коју тече идеалан флуид сталном брзином, на слици лево. Нека је W рад обављен притиском P на површину π, који производи помак Δl или промену запремине ΔV. Индекси 1 и 2 означавају почетну и крајњу позицију флуида у цеви. Рад обављен силом притиска је



$$dW = PdV.$$

У тачкама индекса рад је:

$$\Delta W_1 = P_1\pi_1\Delta l_1 = P_1\Delta V$$
$$\Delta W_2 = P_2\pi_2\Delta l_2 = P_2\Delta V$$

а разлика ових вредности је

$$\Delta W = \Delta W_1 - \Delta W_2 = P_1\Delta V - P_2\Delta V.$$

Изједначавањем ове промене са променом укупне енергије (збира кинетичке K и потенцијалне U) добијамо редом:

$$\Delta W = \Delta K + \Delta U = \left(\frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2\right) + (mgh_2 - mgh_1) = P_1\Delta V - P_2\Delta V,$$

где смо текући и претходни израз изједначили. Даље је:

$$\frac{\Delta mv_1^2}{2\Delta V} + \frac{\Delta mgh_1}{\Delta V} + P_1 = \frac{\Delta mv_2^2}{2\Delta V} + \frac{\Delta mgh_2}{\Delta V} + P_2,$$

па због дефиниције густине, $\rho = m/V$, добијамо $\frac{1}{2}\rho v^2 + \rho gh + P = \text{constant}$, а то је Бернулијева једначина (5).

Из ових извођења („класичног“ и „поједностављеног“) лако препознајемо претходно поменуто „принципијелно привлачење“, надам се. И то је то.

[105] https://scienceworld.wolfram.com/physics/BernoullisLaw.html

25. Многострукост објашњења

Истина није само једна?

16. јануар 2021.

Није сваки математички модел за сваку ситуацију, али различите интерпретације истог постоје.

Увод

Можда дејство (енергија током времена) и информација нису само „еквиваленти“ него су баш једно те исто, али њихово „раздвајање“ не радим само због „претераног опреза“ (одговарам на једно занимљиво питање постављено ми о суштини информације).

Искрено речено након више година још увек нисам сасвим сигуран. Главни разлог сумње је веома теоријске природе, наизглед невезан за приче о информацији, објаснићу. Након што је Лобачевски[106] у својој књизи „Геометрија“ (1823) изучавао геометрију без „V Еуклидовог постулата“ (о паралелним правама), касније га окрећући у супротан, да би постепено дошао до „хиперболне геометрије“, коју данас називамо по њему, а на крају и до доказа да је његова нова геометрија једнако тачна као и еуклидска, односно да су обе једнако нетачне, за нас неке отворио је Пандорину кутију математике.

Доказ какав је до Лобачевског био незамислив, несхватљив да такав може уопште постојати, дао нам је сасвим ново гледање на истину, па онда и на реалност. То је могућност да постоје независне и различите теорије, једнако тачне и једнако стварне!

Пре него што кажем да би такве две теорије можда могле бити „физика дејства“ и „физика информације“, размотримо један другачији пар примера ради лакшег апстраховања касније. Биће то „слободне мреже“ на начин (А) како их истражује америчко-мађарски математичар Барабаши[107] (од 2000) помоћу вероватноће, и исте на начин (Б) помоћу назовимо „атракције“. Измислите сами моделе, а ја наводим један пар (А,Б) као упуту. Мреже се састоје од „чворова“ и „повезница“, а слободне су зато што су повезнице равноправне.

А. Додајући нове повезнице (из нових или старих чворова) мрежа расте. Међутим, ако се деси да неки чвор има више повезница од других, онда је већа и вероватноћа да ће такав добити нову. Спонтано растући издвајају се чворови са више веза и „слободна мрежа“, управо због равноправности повезница, постаје мрежа неравноправних чворова. Настаје пропорционално све мањи број раскрсница (концентратора) са све већим бројем путева наспрам веома великог броја скромнијих раскршћа. Такво је стање са слободним тржиштем (равноправношћу у кретању новца, роба и услуга) у којем ће се спонтано издвајати (сразмерно броју учесника) све мањи број веома богатих наспрам великог броја веома сиромашних.

---

[106] Лобачевский, Николай Иванович (1792-1856), руски математичар.

[107] https://barabasi.com/publications/22/ten-most-cited

Б. Уместо равноправних повезница и вероватноће чворова, узмимо да са растућим бројем повезница чвора расте његова (нека замишљена) привлачна сила која нове повезнице вуче себи. Јасно је да интензитет силе можемо баждарити тако да добијамо тачно исте резултате са претходним објашњењем (методом А) у свим могућим примерима и применама слободних мрежа. На пример, на слободном тржишту рећи ћемо да се више исплати радити, отворити нову повезницу (склопити нови посао) са искусном, провереном и богатом фирмом, него са тамо неким непознатим дођошом. А то се и догађа у пословном свету.

Дилема постаје компликована, зар не? Није унапред могуће рећи да је модел А бољи од модела Б у смислу „исправног тумачења стварности“, а рад Лобачевског такве сумње још и продубљује. Јасно је да није свако тумачење добро, штавише, насумичним тражењем скоро сигурно нећемо наићи на право, али и даље остаје могућност да једнако исправних тумачења света постоји више.

Ето то је та ситуација због које кажем да су информација и дејство „еквиваленти“, а не „једно те исто“. Ово је наставак разговора поменутог у прилогу „23. Дејство и информација“.

Векторски простори

Вектори су n-торке бројева, попут $\mathbf{a} = (a_1, a_2, \dots, a_n)$ и $\mathbf{b} = (b_1, b_2, \dots, b_n)$, где је природни број $n = 1,2,3, \dots$ произвољан али фиксиран и чије се одговарајуће компоненте, на истим позицијама, сабирају у векторе истог типа, $\mathbf{c} = \mathbf{a} + \mathbf{b} = (a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n) = (c_1, c_2, \dots, c_n)$. Множење броја и вектора дато је једнакошћу $\lambda\mathbf{c} = (\lambda c_1, \lambda c_2, \dots, \lambda c_n)$ када множитељ λ називамо скаларом. Координате тачака система n-димензија су вектори, орјентисане дужи.

У алгебри је уобичајено дефинисати векторски простор са неколико једноставних аксиома[108], али то се може урадити и помоћу њихових последица. Из својства тачног броја компоненти вектора датог векторског простора и независности појединих компоненти у сабирању вектора, излази да је збир m вектора, $\mathbf{x}_k = (\xi_{k1}, \xi_{k2}, \dots, \xi_{kn})$ за $k = 1,2, \dots, m$, у општем облику вектор

$$\mathbf{y} = \lambda_1\mathbf{x}_1 + \lambda_2\mathbf{x}_2 + \dots + \lambda_m\mathbf{x}_m \tag{1}$$

где су λ_k произвољни скалари. Како је $\mathbf{y} = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n)$ то је

$$(\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_n) = (\lambda_1\xi_{11} + \lambda_2\xi_{21} + \dots + \lambda_m\xi_{m1}) +$$

$$+(\lambda_1\xi_{12} + \lambda_2\xi_{22} + \dots + \lambda_m\xi_{m2}) + \dots + (\lambda_1\xi_{1m} + \lambda_2\xi_{2m} + \dots + \lambda_m\xi_{mm}),$$

а отуда систем $n \times m$ линеарних једначина

$$\begin{cases} \lambda_1\xi_{11} + \lambda_2\xi_{21} + \dots + \lambda_m\xi_{m1} = \eta_1 \\ \lambda_1\xi_{12} + \lambda_2\xi_{22} + \dots + \lambda_m\xi_{m2} = \eta_2 \\ \dots \\ \lambda_1\xi_{1n} + \lambda_2\xi_{2n} + \dots + \lambda_m\xi_{mn} = \eta_n \end{cases} \tag{2}$$

[108] [22], Дефиниција 1.1.9 (Векторски простор), стр. 15.

по непознатим λ_k.

Знамо да за $n > m$, када је превише једначина у односу на број непознатих и систем може бити у контрадикцији, да не мора постојати низ скалара λ_k који би био решење (2), док за $n = m$ тај низ постоји и јединствен је – када су једначине линеарно независне. Када је $n < m$ систем (2) има више (безброј) решења. Доследно, кажемо да су вектори $\mathbf{x}_k$ линеарно независни ако векторска једначина

$$\lambda_1\mathbf{x}_1 + \lambda_2\mathbf{x}_2 + \cdots + \lambda_m\mathbf{x}_m = 0, \tag{3}$$

има само тривијално решење $\lambda_1 = \lambda_2 = \cdots = \lambda_m = 0$. Скуп n линеарно независних вектора називамо базом n-димензионалног вектроског простора.

Поредећи (2) са (3), систем обичних линеарних једначина са векторским, налазимо да било које две базе истог векторског простора (исте димензије n) имају једнак број вектора. Системима линеарних једначина, попут (2), трансформишемо једну базу у другу. Тада увек постоји инверзна трансформација, линеаран систем попут (2) дозвољава да се вектори $\mathbf{x}_k$ једне базе могу израчунати помоћу вектора $\mathbf{y}_j$ друге базе. Кажемо да је дати систем регуларан, или инвертибилан, односно да трансформација памти векторе, када из копија можемо добити оригинале.

Линеарни систем (2) можемо преформулисати у матрични

$$\hat{A}\vec{x} = \vec{y}, \tag{4}$$

где је матрица $\hat{A} = (a_{ij})$ квадратна типа $n \times n$, а вектори које она трансформише су $\vec{x} = (\xi_k)$ и $\vec{y} = (\xi_k)$, оба са по n компоненти. Одговарајући систем једначина тада је

$$\begin{cases} a_{11}\xi_1 + \cdots + a_{1n}\xi_n = \eta_1 \\ \qquad\qquad \cdots \\ a_{n1}\xi_1 + \cdots + a_{nn}\xi_n = \eta_n \end{cases} \tag{5}$$

и он може трансформисати базу у базу ако је регуларан. Ако је матрица $\hat{A}$ регуларна, онда постоји њој инверзна матрица $\hat{A}^{-1}$ таква да је $\hat{A}^{-1}\,\hat{A} = \hat{A}\hat{A}^{-1} = \hat{I}$, где је $\hat{I}$, јединична матрица, која на главној дијагонали има јединице а све остале коефицијенте нуле. Множећи (4) инверзном матрицом са леве стране, добијамо

$$\vec{x} = \hat{A}^{-1}\vec{y}, \tag{6}$$

дакле инверзну трансформацију вектора.

То су познате ствари линеарне алгебре, а наводим их само да се лакше потсетимо да квадратних матрица реда n, на месту вектора у изразу (3), не мора бити више од n. Према томе, регуларне матрице такође чине (нови) векторски простор са истим бројем базних вектора као и вектори које те матрице трансформишу. Називамо га дуалним векторским простором вектора на које оне делују.

Матрични систем (4) можемо преформулисати и у трансформације вектора линеарним операторима, а затим те операторске једначине (скоро увек) можемо свести на матричне. Добијене матрице тада називамо матричним репрезентацијама полазних оператора, а оно што је нама битно, обе су врсте векторских простора. Штавише, то су векторски простори истобројних база и они су у том смислу изоморфни: постоје обострано једнозначна пресликавања једних у друге.

Матрицу (4), поред осталог, можемо множити саму са собом и формирати једначину

$$\beta_0\hat{I} + \beta_1\hat{A} + \beta_2\hat{A}^2 + \cdots + \beta_m\hat{A}^m = 0, \tag{7}$$

која за неко $m = 0,1,2,\dots,n$ и бројеве β_k који нису сви једнаки нули мора бити тачна, јер су сви степени квадратне матрице опет квадратне матрице истог реда, па пре или касније, јавља се нетривијално решење аналогно (3). Према томе, скуп степена регуларне квадратне матрице чини такође векторски простор.

Слично (7), полиноми истог степена n чине векторски простор као и матрице реда $n+1$, дакле изоморфан било којем векторском простору са $n+1$ базних вектора. Заиста, полином

$$f_n(x) = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \cdots + \beta_n x^n \tag{8}$$

можемо представити само његовим коефицијентима, $n+1$-торком $(\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n)$, јер су два полинома идентички једнаки када су им сви одговарајући коефицијенти једнаки. Сабирање полинома дефинишемо на уобичајен начин (сабирамо коефицијенте истоимених степена) и имамо и коректну уобичајену аксиоматику вектора.

Ови су примери сами по себи поучни. Веома различите математичке ентитете можемо прогласити векторима и добијати исте теореме векторских простора. Када не улазимо дубље у „суштину" тих ентитета нећемо примећивати њихове међусобне разлике, али нећемо имати нити препреке са њиховом тако осиромашеном логиком. Како је у природи васионе информација некомуницирање свега са свачим, јединственост и многострукост појава, тако је налажење логичних овако „недовршених" ентитета (издвојених од „суштине") могуће у њиховом свету.

Квантне интерпретације

Квантна механика је репрезентација (Хилбертових) векторских простора. Векторски простор је квантни систем (група честица), вектор је квантно стање (датог система), а оператор је квантна еволуција (процес промене стања). При томе су „бројеви" комплексни бројеви, а производ одговарајућег пара коњуговано комплексних коефицијената ($p_k = \xi_k^* \xi_k = |\xi_k|^2$) представља амплитуду k-те координате датог вектора, $\mathbf{x} = (\xi_k)$, односно вероватноћу обзервабле (мерљиве физичке величине) представљене том координатом.

Другим речима, координатне осе бирамо тако да представљају обзервабле, да би пројекције квантних стања на њих дефинисале вероватноћу налажења стања у мерењу. Зато је

$$|\mathbf{x}|^2 = |\xi_1|^2 + |\xi_2|^2 + \cdots + |\xi_n|^2 = 1. \tag{9}$$

Интерпретирају се само вектори јединичних норми и, према томе, само јединични (унитарни) оператори. Сабирци у изразу (9) представљају вероватноће појединих исхода, па сваки квантни вектор представља неку расподелу вероватноћа обзервабли, коју називамо суперпозицијом. Када се деси мерење, суперпозиција стања тада колабира у неки од могућих исхода.

Оператори на векторима, сада квантни процеси на квантним стањима, такође су вектори. Они чине дуалан векторски простор са квантним системом на који делују. У том смислу формалне законитости процеса и стања еквивалентне су. Постоји изоморфизам између појава које ови вектори представљају.

Поред дуализма између квантних честица и квантних еволуција које се њима могу дешавати, две најпознатије репрезентације квантне механике су матрична (Хајзенберг, Борн, Јордан) и таласна (Де Број, Шредингер), обе откривене око 1925. године. Ова прва долази од већ поменутог векторског простора матрица, а друга од векторског простора који чине решења Шредингерове једначине. Наиме, то је таласна једначина, диференцијална једначина чији збир решења је такође њено решење, а због саме структуре и зато што је иначе извод збира једнак збиру извода – њена решења чине векторски простор.

Две квантне механике биле су претходница открићу многих касније. Оно што им је заједничко су интерпретације универзалних ставова апстрактних векторских простора и изванредно поклапање теоријског предвиђања са експерименталним налазима, до сада невиђене тачности у физици.

Живи свет

Разноврсност биљног и животињског света на Земљи још је једна потврда многострукости васионе информација. Није сваки модел интерпретације прикладан за многе ситуације, али за било коју дату ситуацију могући су различити теоријски модели којима се она може (веома, али не и крајње, апсолутно) тачно објашњавати. Питања су само можемо ли и хоћемо ли успевати налазити те моделе, а пре свега и ситуације.

26. Многострукост гравитације

О добрим теоријама гравитације

19. јануар 2021.

Постоје алтернативне теорије гравитације и иако наизглед супротстављене неке од њих би се уз мале поправке и допуне могле показати равноправнима. Ово је прилог који је настао заједно са претходним[109].

Сила

Концепт класичне силе је у кризи[110] у данашњој физици, али верујем да он може бити побољшан и користан убудуће. Силу је у физику увео Њутн са својом теоријом гравитације[111]. Помало мистик, Њутн је прихватао претпоставку о неком неограниченом гравитационом деловању између небеских тела. Без знања о електричним појавама и Фарадејевом кавезу, на пример, наводна сила могла је продирати кроз све препреке тренутно, ни не примећујући их.

Он је био изврстан математичар и знао је из Кеплерових закона израчунати да привлачна гравитациона сила (F) опада са квадратом удаљености (r) између средишта тела (маса M и m), према формули

$$F = G\frac{Mm}{r^2}, \tag{1}$$

где је приближно $G = 6{,}67 \times 10^{-11}$ N m^2 kg^{-2} универзална гравитациона константа. Даље је познато да је Ајнштајн (1905-1915) такву представу рушио (поправљао) на начин који ћу сада покушати препричати са што мање понављања.

Дејства у физици не иду брже од светлости у вакууму, $c = 300\ 000$ km/s приближно, а то је главни проблем „тренутном преносу гравитације“. Додатно, Лоренцове трансформације (Ајнштајнове специјалне теорије релативности) важе за инерцијалне системе и узимам их опрезно[112].

Замислимо ракету која убрзава, са сопственим посматрачем унутра и релативним на земљи. Ако сопствени констатује константно убрзање ракете, релативни запажа његово смањивање и обрнуто, ако би убрзање ракете за релативног посматрача било константно сопствени ће мерити повећање – да се не би премашила брзина светлости. При брзини v релативна маса расте пропорционално коефицијенту

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}, \tag{2}$$

[109] 25. Многострукост објашњења
[110] [1], 2.19 Класична сила
[111] Isaac Newton: Philosophiae naturalis principia mathematica, 1687.
[112] [17], 1.1.8 Сила

а са истим успорава време и скраћују се дужине у правцу кретања. За стално релативно убрзање потребан је пораст потрошње енергије погона ракете.

Релативистичке разлике сила видљиве су из основних дефиниција. Прва врста сила једнака је производу масе и убрзања ($F = ma$), а друга промени импулса временом ($F = dp/dt$). Како је импулс производ масе и брзине ($p = mv$) а промена брзине временом је убрзање ($a = dv/dt$), да би две врсте сила биле једнаке довољно је да се маса не мења временом ($dm/dt = 0$). У кретању ракете Њутнова физика за разлику од Ајнштајнове не предвиђа такву промену масе.

Када се прихвате разлике у дефиницијама и опажањима сила њихов побољшани концепт могао би бити користан. Он и приближно тачан, односно умерено нетачан попут других области физике, имао би своју вредност.

На пример, космологија нам каже да се галаксије (у просеку) удаљавају једна од друге као тачке на балону којег надувавамо и да се удаљавају све брже. Оно што астрономи заправо виде је светлост са тих галаксија којој је до данас требало милијарде година и стање тих галаксија из прошлости са почетка путовања. Држећи да сила маси даје убрзање ($F = ma$) и да сила F на путу dr даје рад, или енергију $dE = Fdr$, закључујемо да опажене енергије галаксија расту, односно да је нашој галаксија са њиховог становишта релативна енергија све већа[113].

Проблем одступања Меркура од елиптичне путање око Сунца, померање перихела у смеру ротације, није толико проблем опште дефиниције силе колико разумевања саме гравитације.

Кривина простора

Како знамо да је нека линија заиста „права“, може ли се рећи да је чине „најкраћи путеви“ између тачака и постоји ли нека инваријанта по којој би се раван еуклидски простор јасно разликовао од нееуклидског? Тако је о геометријама размишљао Гаус[114] када је открио своју чувену методу за дефинисање „закривљених“ површи (Theorema Egregium, 1827). Он је изводио и мерења по локалним брдима у Немачкој нашавши своју закривљеност премаленом, ако је уопште има.

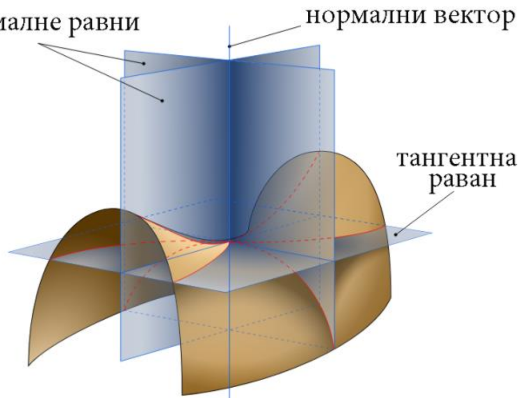
У произвољној тачки дате површи поставио је нормалан (окомит) вектор на тангентну раван, под правим углом на површину. Равни које садрже тај вектор називао је *нормалним равнима*, а пресек нормалне равни и површине је крива линија која се назива *нормални пресек*. На пример, закривљеност тог пресека κ, тзв. *кривина нормале*, је реципрочни полупречник кружнице дате њеним делом у подножју нормале. Сфера полупречника r свугде има кривину нормале $\kappa = 1/r$.

За већину тачака на многим површинама различити нормални делови имају различите кривине. Њихове максималне и минималне вредности су *главне закривљености*, овде κ_1 и κ_2, а *Гаусова закривљеност* је производ две главне закривљености $K = \kappa_1\kappa_2$. Сфера полупречника r свугде

[113] Наводим, јер исто као последицу добијао сам из теорије информације.
[114] Carl Friedrich Gauss (1777-1855), немачки математичар.

има Гаусову кривину $K = 1/r^2$. На слици лево[115], седласта површ има главне закривљености супротних смерова, па је њена Гаусова кривина негативан број.

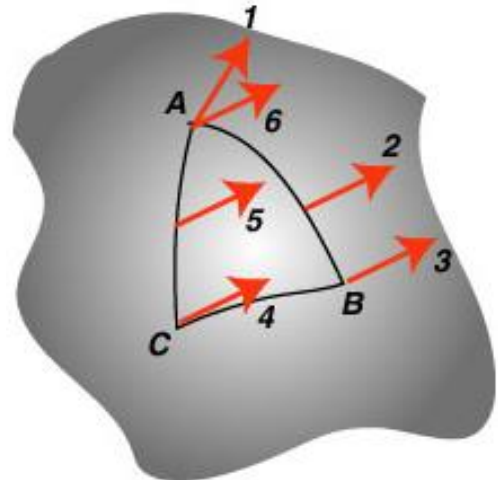
Ако су обе главне кривине истог знака, $\kappa_1 \kappa_2 > 0$, онда је Гаусова кривина позитивна и каже се да површина има елиптичну тачку. Ако главне кривине имају различите знакове, $\kappa_1 \kappa_2 < 0$, онда је Гаусова кривина негативна и каже се да површина има хиперболичку или седласту тачку. Ако је једна од главних кривина нула, $\kappa_1 \kappa_2 = 0$, Гаусова кривина је нула и каже се да површина има параболичну тачку.



Када се закривљена површина развије на било којој другој површини, мера закривљености у свакој тачки остаје непромењена. У том смислу је Гаусова закривљеност унутрашња инваријанта површине.

Рецимо, лист папира не може се савити у сферу без гужвања, односно површина планете Земље не може се изометријом (са очувањем удаљености између тачака) пројектовати на равну карту. Омотач цилиндра, ваљка има нулту Гаусову закривљеност, јер једна главна закривљеност долази јој од кружнице коначног полупречника, али је друга права линија – изводница цилиндра која је кружница бесконачног полупречника, а $1/r \to 0$ када $r \to \infty$.

Гаусов ученик Риман[116] је наставио тај рад. На слици десно приказана је једна закривљена површ и норамлан вектор (црвен) који се транслира, паралелно померa по криволинијском троуглу ABC (црна линија) те површи. Вектор клизи путем позиција 1-2-3-4-5-6, из A преко темена B и C назад у A. Међутим, када се врати у почетни положај (теме A) он се не поклапа са својом почетном вредношћу[117].



Риман је израчунавао разлике крајњих вектора, 1 и 6, а добијеним вредностима $R^{\rho}_{\sigma\mu\nu}$ дефинисао је локалну кривину инфинитезималног места (троугла ABC), данас тзв. *Риманив тензор*. Установио је посебне занимљиве симетрије и алгебарске форме које су даље откривали Кристофел[118], Бјанчи[119], Ричи[120] и други.

У диференцијалној геометрији, Ричијев тензор закривљености R_{ij} је скуп величина добијених избором Риемановe или псеудо-Риманове метрике на тзв. многострукостима. Тај се тензор може

[115] Saddle surface, https://en.wikipedia.org/wiki/Gaussian_curvature
[116] Bernhard Riemann (1826-1866), немачки математичар.
[117] [1], 2.13 Простор и време
[118] Elwin Bruno Christoffel (1829-1900), немачки математичар и физичар.
[119] Luigi Bianchi (1856-1928), италијански математичар.
[120] Gregorio Ricci-Curbastro (1856-1925), италијански математичар.

сматрати мером степена до ког се геометрија датог метричког тензора локално разликује од геометрије обичног Еуклидовог простора или псеудо-Еуклидовог простора.

Ајнштајн је овај рад наставио да би добио своју општу теорију релативности (1915). У унутрашњој инваријантности закривљених простора препознајемо својство енергије[121] (закон одржања), односно масе која ствара гравитационо поље и, као и он који је их је видео и у инерцијалности, да би прихватили његове чувене једначине

$$G_{\mu\nu} = kT_{\mu\nu} \tag{3}$$

где је на левој страни једнакости тензор геометрије простора $G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu}$. То је „Ајнштајнова закривљеност“ простора, разлика Ричијевог тензора $R_{\mu\nu}$ и половине скаларне закривљености R множене метричким тензором $g_{\mu\nu}$. На десној страни једнакости (3) је тензор енергије-импулса $E_{\mu\nu}$ помножен Ајнштајновом гравитационом константом

$$k = \frac{8\pi G}{c^4} \approx 2{,}077 \times 10^{-43}\ \mathrm{N}^{-1} \tag{4}$$

која поравнава физичке јединице.

Већ следеће године Шварцшилд (1916) је решио[122] једначину (3) за централно симетрична гравитациона поља не јача од сунчевог и са веома великом тачношћу показао поклапања решења са Њутновом теоријом. Нови резултати обухватили су претходну аномалиј у кретању Меркура и додатно предвидели скретање светлости ка гравитацији. Додајући $\Lambda g_{\mu\nu}$ левој страни једначине (3), па касније то опозивајући, Ајнштајн је у једначине био укључио и убрзано ширење свемира.

Дејство

Ајнштајнове опште једначине могу се извести[123] из принципа најмањег дејства од раније познатог у теоријској физици. Дејство је производ промене енергије и протеклог времена (импулса и пута), а скоро сва[124] данас позната кретања у физици решења су Ојлер-Лагранжове једначине

$$\frac{d}{dt}\left(\frac{\partial L}{\partial \dot{x}}\right) = \frac{\partial L}{\partial x}, \tag{5}$$

где је t време, $\dot{x}$ извод пута x по времену, а $L = E_k - E_p$ је разлика кинетичке и потенцијалне енергије коју називамо лагранжијаном. Једначине (5) изражавају услов да лагранжијан буде такав да његов интеграл током времена, дејство

$$S = \int_{t_1}^{t_2} L\, dt\,, \tag{6}$$

[121] својство информације
[122] 17], 1.2.10 Шварцшилдово решење
[123] [4], 2.5 Ајнштајнове опште једначине
[124] заправо сва, јер се и хаотично кретање своди на исто

буде минимално.

Извођења једначина (5) помоћу принципа најмањег дејства могу се наћи у разним уџбеницима и расправама теоријске физике, а и ја сам се бавио тиме[125]. Оно што ми је било посебно занимљиво је чињеница да су оне први пут добијене 1750-их класичним и ограниченим дефиницијама кинетичке и потенцијалне енергије и тадашњим методама, а да су се ипак показале тачнима и са метриком опште теорије релативности. Ајнштајн и његови савременици нису били свесни ове могућности, или нису могли бити сигурни у успех такве методе.

Истим, класичним начином рада, без Риманових геометрија и без Ајнштајнове теорије релативности, из Ојлер-Лагранжових једначина изводе се геодезијске линије релативистичке гравитације. То не значи нужно да принципи релативности нису потребни таквој физици, већ само да нису неопходни. А то је и поента ове приче[126].

Остале алтернативе

Ако прихватимо тезу да су дејство и информација еквиваленти, онда Ојлер-Лагранжове једначине говоре о физичком кретању како путањама најмање интеракције, тако и најмање комуникације. Физичка тела, честице и таласи спонтано налазе путеве дуж којих ће имати што мању емисију информације. То је „принцип информације“, блага али свеприсутна „сила“ васионе.

Где год имамо физичке трајекторије кумовао им је принцип информације. Па ипак, могуће је грађење система са вишком информације. Као што су на земљи дешавају испаравања воде (у вис), гејзири, вулкани иако је гравитација (на доле) мање-више једнако присутна на свим њеним местима, које су појаве упркос принципа најмањег дејства, тако је могућ и живот, настанак створења са акомулацијом информације која им омогућава вишак слобода. Тај вишак се испољава и у већој количини избора и у бирању невероватнијих опција. Живот пркоси препрекама супротно начелном минимализму дејства (или информације) који би да се препуштамо као кладић низ воду.

До следеће, алтернативне, теорије гравитације долазимо непосредно из начелног минимализма информације. Наиме, како је више вероватан догађај мање информативан тако је више вероватан догађај чешћи. То би био рецимо очигледан и тешко оборив, али углавном невидљив „принцип вероватноће“ о којем такође пишем одавно.

Вероватноћу у трајекторијама честица-таласа физике налазимо, на пример, у њиховим таласним дужинама. Одавно је познато да амплитуде таласа указују на вероватноће обзервабли[127] и то је у широкој употреби у квантној физици, али мање је познато да и таласне дужине говоре о некој густини вероватноће. Да таласна дужина честице-таласа представља размазаност и у том смислу неодређеност њеног положаја користи се у објашњењу Хајзенбергових релација неодређености, али углавном ту је крај таквих употреба.

[125] [4], 2.4 Ојлер-Лагранжове једначине
[126] 23. Дејство и информација
[127] [17], 1.2.2 Борнова информација

Међутим, Комптонов ефекат[128] поред доказа честичне природе таласа светлости, доказ је и да светлост путује највероватнијим трајекторијама са свог становишта и са становишта да веће таласне дужине светлости значе мање густине вероватноће њених положаја. Много сам писао о томе раније, разним приликама, па сада се не бих понављао.

Епилог

Видели смо најмање три званичне теорије гравитације (Њутнову, Ајнштајнову и Ојлер-Лагранжову) и још најмање две незваничне алтернативе (информатичку и пробабилистичку). Тешко их је све стрпати у исти кош, али опет могуће је да ће то бити неизбежно у даљем развоју физике.

Ово је део приче о различитим постулатима, можда и супротним али независним, са којима можемо формулисати наизглед различите и једнако тачне представе о стварности. Не заборавимо да је потребно много рада, интелигенције и научног наслеђа за откривање таквих теорија, а да је и то последица принципа информације, да је природа саздана од информација и, према томе, од истина илити дејстава, али да се понаша као да их не жели.

[128] [17], 1.1.9 Комптонов ефекат

27. Гравитација случајности

Кретање трајекторијама вероватноће

23. јануар 2021.

Зашто не кажеш једноставно да се небеска тела крећу својим путањама зато што им се оне чине највероватнијима, него компликујеш ствари својом „теоријом информације“? – Занимљиво ми је питање и издвајам делове одговора. – Зато што се ђаво крије у детаљима, а осим тога, наводна теорија информације значајно поједностављује теорију гравитације.

Ентропија

Узмимо да је прихваћено да случајност постоји, да се тела, честице или таласи крећу по правим линијама, јер су им скретања мање вероватна. Тамо ће ићи где им је то вероватније, а већа вероватноћа долази са мањом информацијом и већом ентропијом. Следеће су компликације.

Ентропија је термодинамички појам који није лако пренети у небеску механику. Према законима гасова и статистике, производ притиска и запремине пропорционалан је температури ($PV = kT$), а температуре и промене ентропије је директно пропорционалан промени топлоте, топлотне енергије ($T\Delta S = \Delta Q$). Отуда је промена ентропије директно сразмерна промени топлоте и обрнуто сразмерна притиску и запремини ($\Delta S = k\Delta Q/PV$). У константној запремини (V) ентропија (S) расте са топлотом (Q) а опада са притиском (P).

У јединичним запреминама унутрашњости звезде (планете), на већој дубини већи је притисак горњих слојева, па ако узмемо да са притиском сразмерно расте топлота имаћемо константан количник, непромењену ентропију. Али тада неће бити спонтаног (ентропијом) преноса топлоте са топлије на суседну хладнију супстанцу (други закон термодинамике) и нема (одговарајућег) тока топлоте из унутрашњости звезде ка површини. Колико је последњи закључак сумњив толико је сумњива претпоставка о сразмери топлоте и притиска. Напомињем да се овим доводи у питање званична физика.

Ако се топлота из унутрашњости звезде (спонтано) шири ка површини, онда је у горњим слојевима већа ентропија. У унутрашњости звезде гравитација опада приближавањем центру, што је познато (због мање активне масе), а сила стално вуче доле. Другим речима, смер раста ентропије има супротан смер порасту гравитације! Толико о унутрашњости звезде (планете).

Још је теже говорити о класичној ентропији изван звезде, у вакууму, али покушајмо. Рекох, промена ентропије гаса пропорционална је промени његове топлоте (топлотне енергије) а обрнуто је пропорционална температури (Клаузијус, средином 19. века). Са друге стране, узрок топлоте и температуре су осцилације молекула гаса (Болцман, 1877), па када када је топлији гас у контакту са хладнијим зидовима посуде, веће осцилације пренеће се на мање, топлијег гаса на хладније молекуле зидова.

Док топлота прелази са мање на већу ентропију околине, осцилације молекула слабе. Називник (температура) брже се смањује од бројника (топлоте) да би се количник (ентропија) повећавао. То је спонтан процес повећања ентропије, преласка топлоте са тела веће на околину мање температуре у другом закону термодинамике.

Приметимо само да је овај „спонтани раст ентропије“ заправо још увек појава без дубљег објашњења, а да даље објашњење долази са „спонтаним смањивањем информације“, које је опет последица „принципијелног минимализма информације“, а које је последица „принципијелног максимализма вероватноће“; и настављамо.

Сличну појаву можемо замислити простим успоравањем времена. Осцилације јењавају, смањују се топлота и температура, бројник спорије од називника и ентропија расте. Када би то видели релативни посматрачи у случају инерцијалног праволинијског кретања и унутар гравитационог поља, специјалне и опште теорије релативности, са правом би рекли да је ентропија тих успорених система већа. Међутим, тада би имали проблем са питањем зашто тело из стања мировања спонтано не прелази у стање једноликог праволинијског кретања, односно зашто планета са своје елиптичне путање просто не скрене ка сунцу.

Напротив, ако је релативна ентропија мања, како система у инерцијалном кретању тако и стања изван елиптичних путања небеских тела, онда ће тело спонтано остати у стању мировања (или једноликог праволинијског кретања) односно на свом геодезику, све док на њега не делује неко друго тело или сила. Другим речима, мања релативна ентропија у складу је са законом инерције.

Приметимо да је ово у складу и са претходним закључком (унутар звезде) о опадању ентропије у смеру у којем расте гравитација. Ово је у складу и са Болцмановим објашњењем ентропије помоћу највероватнијег распоређивања молекула. Из комбинаторике знамо да је највероватнији случај једноличности, када се објекти распоређивања не не гомилају у појединим позицијама.

Наиме, ако су распореди једнолични (максималне ентропије) у сопственом систему, у релативном (покретном) систему где се дужине скраћују само по правцу кретања – распореди више нису тако једнолични. Такође, у бестежинском стању свемирског брода који инерцијално кружи око планете молекуле су једнолико распоређене док би у соби на тлу оне ниже биле гушће.

Дакле, сила мења вероватноће и ентропију. Али, не лези враже, ако је релативна ентропија мања а мања и релативна информација онда нам треба још додатних објашњења.

Просторвреме

Уосталом, концепт класичне ентропије можда треба оставити самој супстанци, а за просторвреме осмислити неки другачији, па нам онда претходна прича и није много важна. Ова идеја долази из поделе елементарних честица физике на бозоне и фермионе, прве међу којима су носиоци поља сила (баждарни бозони) и друге међу којима су оне на које те силе делују.

Исти бозони могу бити у истом квантном систему док фермиони то не могу. Објаснићу ово својство на примеру бацања два новчића, или бацању једног новчића два пута. Могући исходи су

„писмо“ и „глава“, па је поједини резултат један од: ПП, ПГ, ГП, ГГ. Ако су сва четири једнако вероватна, онда ћемо понављајући бацања много пута приметити да је рецимо резултат ПП око четвртине укупних бацања. То значи да су се резултати ПГ и ГП појавили у по четвртини свих случајева, односно да се исходи бацања понашају као фермиони – у првом и другом бацању „исти“ новчић је заправо различит ентитет.

Ако се редослед падања „писма“ након „главе“ не разликује од обрнутог редоследа опита (два бацања), онда исход има три равноправне могућности: два „писма“, две „главе“ и мешовит случај. Тада се „писмо-писмо“ појављује у приближно трећини свих опита и новчићи се понашају као бозони. Неприродно је разликовати та два новчића. У 100 опита, у првом случају (фермиона) за ПП очекивање је 25 исхода, а у другом случају (бозона) очекивање је 33 исхода.

Мало сложенији пример је насумично распоређивање девет куглица у девет једнаких кутија (не морају формирати квадрат). Свака куглица са једнаком вероватноћом може бити у било којој од кутија и има места за све куглице у појединој кутији.

Ако доделимо куглицама имена, на начин да су оне различите индивидуе, онда распоређивање по једне куглице у кутији има $9! = 9 \cdot 8 \cdot 7 \cdot \ldots \cdot 2 \cdot 1 = 362\,880$ пермутација. Тај број распореда већи је од сваког другог, када су у некој од кутија бар две куглице. Он је зато типичан за ширење молекула гаса у простори, јер је највероватнији а молекуле су фермиони, па је логаритам оваквог броја (факторијела 9!) мера Болцманове ентропије.

Међутим, ако су куглице безимене и попут бозона, онда начин распоређивања по једне куглице у кутију има само једну могућност (комбинацију) и више није репрезентативан за Болцманову ентропију. Тада пажњу морамо посветити позицијама (кутијама) више него самим бозонима (куглицама). Замишљајмо даље произвољан број ових кутија.

Мењањем величина кутија, уз одржавање равноправности у односу на куглице, правимо сцене за објашњење метрике простора (генералисане Питагорине теореме). Видели смо да је Гаусова кривина[129] инваријанта простора. Очување вредности тако дефинисане „кривине“ у (тензорским) трансформацијама координата попут је закона одржања енергије у физичким процесима. Зато је метрика важнија од избора система координата и, са друге стране, она дефинише гравитационо поље као физичку појаву која не може тек тако нестати.

Ако би се са једне стране почеле појављивати све мање кутије, куглица која би се кретала „праволинијски“ прескачући из једне у другу, скретала би на ту страну. То подсећа на смањивање јединица дужине ка тој страни и формирање (ненулте) Гаусове закривљености. Када би се кутије распоређивале просторно, у три димензије (дужина, ширина и висина), а десило смањивање само у правцу неке фиксне тачке, имали бисмо сцену која још више потсећа на гравитационо поље.

Простор-време теорије релативности је 4Д, три димензије су просторне а једна је временска. Време замишљамо као надовезивање простора тако да је честица која се креће присутна у сваком

[129] 26. Многострукост гравитације

од њих и тамо је статична. То је модел детерминистичког света који не одговара добро „универзуму неизвесности“. У свету информација чија суштина је неизвесност, не можемо бити сигурни да је честица била у сваком 3Д „слоју простора“ замишљеног „нанизаног“ 4Д простор-времена, па је не можемо тамо засигурно нити сместити ни несместити.

Ту помаже модел 6Д простор-времена који сам раније доказивао[130], заједно са симетријама самог простора и времена. Прво значи да постоји исто толико временских димензија колико и просторних, а друго да било које четири од тих шест можемо узети за дефинисање једне реалности попут наше. Ако је x једна од „нормалних“ дужина (x_1, x_2 или x_3) самог простора, онда је $x_4 = ict$ одговарајуће „трајање“, при чему за имагинарну јединицу важи $i^2 = -1$, а $c = 300\ 000$ km/s је (овде приближно) брзина светлости у вакууму.

Честица и у слојевима простора „и јесте и није“ присутна, ако је таква у нашој реалности. Да моделом не бисмо негирали неизвесност није довољно једном току догађаја додати још само једну димензију времена, јер би честице које код нас нису присутне тада биле обавезно присутне на једном јединим другом месту „паралелне реалности“. За избегавање „детерминизма у одсутности“, у овом разматрању, такође су потребне још две димензије времена, што овај начин чини сагласним са претходнима.

Даље се „продирање честице“ кроз слојеве времена, односно простор-времена може упоредити (тестирати) са капацитетом класичног канала, што сам чинио раније[131]. Изненађујуће је колико се резултати тог начина поклапају са познатима теорије гравитације. Друго изненађење је колико је третман „дефицитом времена“ такође у складу са тим теоријама[132]. Али и о томе сам већ писао и нема потребе да се овде понављам.

Епилог

Увођење „објективне случајности“ у реалност, шта год то значило, неће ићи олако и имаће своје проблеме у тумачењу физичког света. Верујем да ће довести до поправки многих теорија као и до брзоплетог а непотребног одбацивања.

На пример, класичне теорије макро-света (космологије, гравитације, динамике непрекидних средина) могле би бити потцењене у некој стохастичкој физици иако би на њиховј страни јасно стајао рецимо закон великих бројева вероватноће. Такође, биће и супротних случајева, да се каузалне појаве насилно пробабилизују, иако је на њиховој страни рецимо теорија детерминистичког хаоса.

У природи нам је да више волимо догме од истине.

Ако се покаже исправан, вероватностни модел физике укључиваће „много светова“ квантне механике са објашњењем да честица-талас може интерферирати и сама са собом (у експерименту

[130] [1], 2.13 Простор и време
[131] [1], 3.26 Шум канала
[132] [1], 3.24 Много светова

двоструки отвор), тако што би отишла у неку паралелну реалност а отуда се појавила у нашој реалности као дупла.

О томе је писао Еверет (1957) због чега је исмеван и искључен из научне заједнице. Није се ни усудио размишљати даље на сличан начин рецимо о тунел ефекту[133], што би неизвесности физике могло учинити нарочито интересантнима будућим истраживачима.

[133] Појава у којој атомска честица продире кроз потенцијалну препреку упркос својој нижој енергији.

28. Тунел ефекат

Разговори о квантном тунеловању и паралелним реалностима

25. јануар 2021.

Питања су настајала из различитих разговора а био сам слободан да их проберем и резимирам, а своје одговоре да допуним. Саговорници се углавном не познају и претпостављам да желе бити анонимни или ми њихов тачан идентитет није познат.

-- *** --

Питање: Какве везе има тунел ефекат (квантни тунелинг) са твојом теоријом информације? Читао сам прилог[134] али тамо је само наведена та реченица на крају.

Одговор: Тунел ефекат (или тунеловање) је први експериментално опазио Роберт Вуд[135] 1897. године посматрајући кретање електрона у емисионом пољу али није успео да га протумачи. То је појава када микро честица мање енергије прође кроз баријеру више енергије. У макро физици то је немогуће, не пролази се кроз затворена врата, али квантна физика то предвиђа.

Као што знамо из квантне механике све честице имају таласну природу, а њихове таласне функције су решења Шредингерове једначине[136]. Амплитуде тих таласа (функција) дефинишу вероватноће обзервабле, дакле вероватноћу да се честица може мерити (појавити) на датом месту. Са тим сазнањем, када израчунавамо вероватноћу њене појаве на месту где она не би могла бити у класичној физици (према класичној механици, честица може у простору да се нађе само тамо где је њена потенцијална енергија мања од укупне), испостави се да ње има и „на немогућем месту“.

За тзв. коефицијент пропусности баријере, честице иза (потенцијалне) баријере, добијамо број који експоненцијално расте са масом, а како са њиме расте вероватноћа обзервирања, то са масом расте информација обзервабле (физички мерљиве величине). Ово даље је информатичко објашњење и сматрај га још увек спекулативним. Волео бих да се потрудиш и пронађеш евентуалну грешку, пре него што се залетим и то негде архивирам (можда и објавим).

Дакле, то ново објашњење иде овако. За разлику од електромагнетног зрачења (фотона) којима време стоји, све што има масу креће се спорије од светлости у вакууму ($c = 300\ 000$ km/s) и зато има сопствени ток догађаја, што значи да продире кроз слојеве времена независно од посматрача. На страну сада динамику, да то што имати масу значи имати инерцију због принципа минимализма информације, него се фокусирај на саму кинематику „шетања“ масених тела или њихових делова кроз „паралелне реалности“.

---

[134] Gravity of Chance, https://www.academia.edu/44960994/Gravity_of_Chance
[135] Robert Williams Wood (1868-1955), амерички физичар.
[136] Schrödinger equation, https://en.wikipedia.org/wiki/Schr%C3%B6dinger_equation

Све што се може десити и деси се негде у „много светова“ квантне механике Еверета[137] из 1957. године, а отуда такође може опет доћи у „нашу реалност“. На тај начин оно може заобићи ма какву баријеру, само ако таква бар у неком од њему доступних „много светова“ не постоји и ако му је из таквог „света“ наш свет случајно доступан.

П: Које је онда објашњење тачно, оно помоћу вероватноћа или ово?

О: Оба. Како вероватноће, Борнов закон[138] и Хајзенбергове релације неодређености, тако и паралелне реалности, последице су исте принципијелне објективне случајности. Оба објашњења делови су теорије информације, универзума у којем је информација основа а чија суштина је неизвесност.

***

Питање: Па што је тунел ужи то је проток информација спорији[139]?

Одговор: Ствар је у „информатичком тумачењу“. Да би се десио „тунел ефекат“ препреку (потенцијалну баријеру) честица која има масу и само таква – заобилази идући кроз псеудо-реалности. Претпоставка је да се овакво продирање не догађа само у „нашој реалности“ (рецимо због чисте случајности), већ и због избегавања препреке путем ,,паралелних реалности”. Ово је спекулативни део те теорије по којем не само да су могуће такве „чудне реалности“, него се помоћу њих могу објаснити и неке „немогуће појаве“.

П: Нисам знао да је математика спекулативна наука?

О: Теорија информације коју развијам малим делом је математика, а такође је једва и физика. Успут, математику не сматрам науком (за доказе њених ставова не важе се експерименти, али то је и ствар дефиниције).

Иначе заједничко им је, у математици и природним наукама, што су методе рада у настави веома различите од метода рада у истраживању. Зато имамо тако велики број (током историје и данас) фантастично добрих професора, предавача, а очајно неуспешних истраживача и обрнуто. Штавише, тешко је наћи успешног истраживача који ће, ма како био сујетан, за себе рећи да је био добар наставник.

На пример, Ајнштајн и није био професор (на страну то што га је Принстон универзитет плаћао да би га тако називао својим). Гаус, највећи немачки математичар свих времена (или уз још два-три) кога су називали „Принцом математике“ за себе је говорио да је лош наставник, а и био је, па и није волео да држи часове, иако се са њиме хвале да је створио боље немачке математичаре (Риман, Дедекинд) од свих иначе сјајних предавача свог времена.

[137] Hugh Everett III (1930-1982), амерички физичар.
[138] Born rule, https://en.wikipedia.org/wiki/Born_rule
[139] Колега микробиолог у пензији пита и помало се и зеза.

Њутн је покушао да држи предавања на Кембрицу и то је била катастрофа (на крају је то и сам признао и одустао). Ојлер, кога је Русија плаћала до смрти (он је први у историји човек уопште који је добијао пензију), али није ми познато да је икада одржао неко предавање. ... То набрајање је једна веома дуга прича.

Елем, разлика метода долази од велике различитости циљева. На пример, у „доброј настави“ математике прво предајеш аксиоме и поставке сцене, па тек онда идеш на садржај, последице. Истражујући, прво дуго луташ у мраку и када дођеш до аксиома и „позорнице“ за тебе је посао углавном завршен. Када решаваш задатке школски (макар то било и на највишим међународним такмичењима), увек је ту свест да је задатак добро задат и да је решење на дохват руке, а само се чека да прорадии вештина такмичара.

Напротив, када истражујеш ти заправо и не знаш шта је циљ, а ако ти нешто и падне на памет увек се суочаваш са могућностима да то што тражиш не постоји (што је најчешћи случај) и да ћеш потрошити читав живот лупајући главом о зид. То што мислиш да тражиш можда и јесте могуће наћи (ретко) али је за тебе претешко (у тим ретким случајевима често).

А у ономе најбољем (и најређем) случају када нешто крупније можда откријеш, онда то мораш скривати јер би те колеге исмевале (ни сам ниси сигуран), у бољем случају поткрадале (мало ко је открио нешто и затим био познат по томе), или ће ти наметнути такво филтрирање и трку са институцијама (оне су сујетне као политичке организације, а ти претиш њиховој умишљености, величини) да мораш одустати. Многа „велика“ открића урађена су једном тако да се никада више нешто слично није појављивало од дотичног (имам такође дуги списак).

Укратко, као наставник наступаш са становишта ауторитета, а у фази истраживања ти си у позицији отпадника, шпекуланта и квази научника. Што је теорија коју проналазиш крупнија то је период који јој претходи спекулативнији а признање спорије.

***

Питање: То објашњење тунел ефекта квантне механике помоћу заобилажења препрекe путем паралелних реалности чини се довољно занимљивим да, независно од евентуалне (не)истинитости, обавезује истраживаче у физици на озбиљније преглед, елеборирање и провере експериментима. Зашто се не позабавиш тиме?

Одговор: Па ето, покренуо сам ту тему. Пре мене никада никоме није пало на памет да такве ствари повезује. Међутим, неће све „необјашњиво“ бити објашњиво помоћу „паралелних реалности“ и форсирање идеју ће банализовати.

П: Да, разумљиво. На које сумње посебно мислиш?

О: На пример, проверавам „исчезавајућа“ (енг. evanescent) поља и таласе.

Све што се креће брзином светлости нема сопствено време (време му не тече). Три димензије фотона су информација те честице (2Д) која је алтернативно у равнима електро-магнетне

индукције, плус релативно време посматрача. Фотон сам по себи не постоји у времену, нема временски ток, не продире кроз слојеве времена као честице које имају масу. Ове друге обавезно се крећу спорије од светлости и имају сопствени ток времена који (због принципа минимализма информације, на страну Хигсов механизам[140] који видим као потврду те теорије) им производи инертност. Масене честице могу одлазити у „паралелну реалност“ и путем ње „заобићи“ препреку и појављивати се тамо где физички „не могу бити“ (тунел ефекат).

Решења Шредингерове једначине веома се уклапају у ову причу, јер нема тунел ефекта за честице које немају масу. Међутим, ту су и поменуте појаве „исчезавања“ односно „пролажења“ (зависи од превода) таласа светлости, које се за сада не повезује са квантном физиком али би то могле бити у неком њеном развоју. Логично објашњење могло би бити да је „пролажење“ светлости појава узрокована масом самог посматрача.

П: Појасни?

О: Велик си и светлости треба времена да пређе пут од твојих стопала до главе, што ће рећи ти ниси сав свој. Шалу на страну, али ти зато ниси у само једној реалности него си неким својим мајушним деловима увек и у неким „паралелним реалностима“. Тамо та светлост има неки (макар мало) другачији живот и то је та „бескрајно мала“ (енг. evanescent) девијација.

П: И шта је проблем да то тако и објавиш?

О: Морам некако видети (теоријски наравно) како се код тела веће масе, или релативних тела посматраних у кретању или већој маси (у околини јаке гравитације), понаша тај „исчезавајући ефекат“, не само код светлости.

П: Па имаш оно Хокингово[141] зрачење (1973) око „црних рупа“ по којој се он прославио?

О: Да, браво, то имам у виду. Хокинг је ту појаву сјајно објаснио помоћу виртуелних честица, али сада је потребно објeдињујуће објашњење. Иначе, близу сам да заокружим ту причу.

***

Питање: Што више налаза добијамо о тамној материји то нам све боље изгледа ваша (хипо)теза о простору који памти[142]. Можете ли нам укратко описати како сте дошли до те идеје и какве би она могла имати везе са кватним тунеловањем?

Одговор: Основна је (хипо)теза о универзуму информација чија суштина будућности је неизвесност а прошлости закон одржања. Пре свега, приметимо да се ово друго може доказивати помоћу првог!

[140] Higgs mechanism, https://en.wikipedia.org/wiki/Higgs_mechanism
[141] Hawking radiation, https://en.wikipedia.org/wiki/Hawking_radiation
[142] Питање мени из групе који мисле да сам и ја представник неке групе.

Укратко, информација је (увек нека) количина непредвидљивости, њене најмање величине (колике год) су чисте неизвесности, а мање од неизвесности је извесност. Већ због тога информације су квантоване, атомизиране, имају најмање порције. Зато што су дискретне појаве (попут природних бројева), оне су коначно дељиве и за њих важи закон одржања.

Ово се може изводити и обрнуто. Полазећи од квантне механике, где знамо да је дејство (не сама енергија, него производ енергије и времена) квантовано, а информација путује са интеракцијама (физичким дејством) следи да је и она „у пакетима“. Додатно, полазећи од квантне механике чија су стања репрезентације вектора (јединичног интензитета, норме), а процеси репрезентације оператора који су такође јединичне норме (ово да би пресликавали јединичне векторе у јединичне векторе). Али они су зато инвертибилни, из копије је могуће добити оригинал. Другим речима, квантни процеси памте и за информацију важи закон одржања. Затим, информација је квантована, коначно дељива, јер само бесконачни скупови могу бити своји прави потскупови и не одржавају количине.

Ово нам треба да бисмо разумели да постоје слободне најмање информације као елементарне честице. Из претходног знамо да оне путују свемиром и да не могу бити мање, али иначе знамо и да не постају све веће, те да своју „биографију“ остављају негде успут. Ето зато „простор памти“ јер постоје елементарне честице које „не памте“ а трају.

П: У каквој врсти неизвсности су те „елементарне информације“?

О: Корисно питање. Оне су у неизвесности свог окружења. Као што је неизвесно „шта ће бити сутра“, такође је неизвесно „шта ће бити тамо“. У ширем окружењу, свака та „себи иста честица“ (што наравно није сасвим тачно, бар због Хајзенбергових релација неодређености) – увек је нешто друго.

П: Како се „складишти“ то памћење?

О: Простор постаје све већи. Увећање простора могло би бити и привидно, као топљење супстанце, а ово као спонтано повећање ентропије супстанце, односно смањење укупне информације супстанце. Са информацијом која долази из прошлости, има смисла претпоставка да укупна информација васионе (супстанце плус простора) остаје константна.

П: Добро, рецимо да то објашњава и тамну енергију, а где су ту гравитација и тамна материја?

О: Требамо прво приметити да се светлост креће брзином светлости и да јој зато (фотонима, електромагнетним таласима) сопствено време стоји. Све што се креће брзином светлости припада само садашњостима посматрача и отуда добија једну димензију (временску), плус две димензије (просторне) које има као информација. Код фотона, на пример, то су електро и магнетне равни осциловања. Ми не видимо прошлост, нити паралелне реалности, јер гледамо помоћу фотона.

Честице које имају масу имају је јер имају сопствено трајање (ненулти ток времена) и према принципу минимализма информације „запињу“ у времену којим сами пролазе, одакле им

инерција. Да би простор могао имати меморију он мора макар како из прошлости деловати на садашњост (коју ми опажамо светлошћу) а добар кандидат за то је гравитација.

П: Дакле, не мора гравитација бити то што из прошлости делује на садашњост. А зашто ви мислите да јесте?

О: Рачун показује, прво, да због елиптичне (уопште коника) путање планета око Сунца, привлачна гравитациона сила опада са квадратом удаљености. Међутим, Меркур и тела у близини јаких гравитационих поља не следе путање коника (елипсе) те гравитација тада не опада са квадратом удаљености.

Друго, знамо ако сила не опада са квадратом удаљености онда се њено поље не шири брзином светлости. Зато гравитациони таласи у близини великих маса иду спорије од светлости и, због принципа информације, имају масу. Може се израчунати да је та маса фантастично мала (можда икада неизмерљива) али постоји, што значи да она продире кроз слојеве времена.

Ето зашто прошлост гравитационо делује на садашњост, али опет кажем, само ако је на датом месту некада била нека маса.

П: У реду, вреди преиспитати. А где је ту квантно тунеловање?

О: Тај део је у наговештају. Масена честица пролази кроз слојеве времена, било из прошлости ка садашњости или из једне „паралелне реалности“ у другу. Подсећам, у (мојој) теорији информације за три димензије простора постоје три димензије времена. Ове „три плус три“ димензије су тако симетричне да од њих шест можете узети било које четири и три прогласити „просторним“ а једну „временском“.

Идеја је да свака временска димензија простору даје посебно трајање, међутим, још нисам сигуран да ли је квантно тунеловање баш то заобилажење препрека путем паралелних реалности како би се то могло учинити.

П: Зашто нема тунеловања макро тела?

О: Због закона великих бројева теорије вероватноће.

Поговор

Знаш ли да папирне књиге нису више у моди – каже ми један пријатељ и додаје – све се данас дигитализује, оно што заостаје закопаће се у прошлости, а и они недавно снимани аналогни текстови ускоро постаће раритети или ће бити неупотребљиви. Имаћу то у виду – рекох му.



Библиотека Гимназије Бања Лука, 27. јануара 2021.

Литература

[1] Растко Вуковић: *ПРИЧЕ О ИНФОРМАЦИЈИ* – физике, биологије, права; Економски институт Бања Лука, 2020. (на чекању) https://archive.org/details/price_202008/

[2] Растко Вуковић: *ДЕЈСТВО ИНФОРМАЦИЈЕ* – енергија, време и комуникација; Економски институт Бања Лука, 2020. (https://www.scribd.com/document/440746867/Dejstvo-informacije)

[3] Растко Вуковић: *Потенцијал информације*, окт. 2020. (https://www.academia.edu/44327238/)

[4] Растко Вуковић: *МИНИМАЛИЗАМ ИНФОРМАЦИЈЕ* – физичка информација и примене; Економски институт Бања Лука, 2020. (https://www.scribd.com/document/421087302/Minimalizam-informacije)

[5] Muneo HORI, Lalith WIJERATHNE, Rizwan RIAZ and Tsuyoshi ICHIMURA: *Rigorous derivation of Hamiltonian from Lagrangian for solic continuum*; Journal fo JSCE, Vol 6, 1-11, 2018. (https://www.jstage.jst.go.jp/article/journalofjsce/6/1/6_1/_pdf)

[6] Rastko Vuković: *Dual Vectors* – quantum states and processes, October 18, 2020; (https://www.academia.edu/44320266/Dual_Vectors_quantum_states_and_processes)

[7] Massimiliano Proietti, Alexander Pickston, Francesco Graffitti, Peter Barrow, Dmytro Kundys, Cyril Branciard, Martin Ringbauer, and Alessandro Fedrizzi: *Experimental test of local observer-independence*, ArXiv:1902.05080v2 [quant-ph] 4 Nov 2019; (https://arxiv.org/pdf/1902.05080.pdf)

[8] Растко Вуковић: *ИНФОРМАЦИЈА ПЕРЦЕПЦИЈЕ* – слобода, демократија и физика; Економски институт Бања Лука, 2016. (https://archive.org/details/Informacija/Informacija/mode/2up)

[9] Cen Wu, Qingquan Tang: *Reward meritocracy or nepotism*: The case of independent financial advisors appointed by Chinese listed companies; China Journal of Accounting Research journal, 2019; www.elsevier.com/locate/cjar

[10] Boole, George (2003) [1854]: *An Investigation of the Laws of Thought*; Prometheus Books.

[11] Sergey Brin and Lawrence Page (1998): *The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine*; Computer Science Department, Stanford University, Stanford, CA 94305, USA. (http://infolab.stanford.edu/pub/papers/google.pdf)

[12] Unitary space. Encyclopedia of Mathematics. https://encyclopediaofmath.org/wiki/Unitary_space

[13] Hanno Essén: *Space Mechanics*; Department of Mechanics Royal Institute of Technology S-100 44 Stockholm,Sweden; 1998,October.

[14] Dr Božidar S. Milić: *ZBIRKA ZADATAKA IZ TEORIJSKE FIZIKE* – I deo – mehanika sistema i neprekidnih sredina; Univerzitet Beograd; BIGZ, 1971.

[15] Orbits of ancient stars prompt rethink on Milky Way evolution, NOVEMBER 16, 2020. https://www.scienceinpublic.com.au/media-releases/kinematics

[16] Momir V. Ćelić: *MATEMATIKA II* – Obične diferencijalne jednačine, Višestruki integrali, vektorska analiza, Kompleksna analiza, Furijeova analiza; Abakus sistemi, Banja Luka, 1997.

[17] Растко Вуковић: *ПРОСТОР-ВРЕМЕ*, принципи физике случајности. Економски институт Бања Лука, мај 2017. https://www.scribd.com/document/347514158/Principi

[18] Растко Вуковић: *ФИЗИЧКА ИНФОРМАЦИЈА* – у друштвеним појавама и математици. Економски институт Бања Лука, 2019. https://www.scribd.com/document/406574702/

[19] Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang: *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge University Press, 10th Anniversary Edition, 2010. http://mmrc.amss.cas.cn/tlb/201702/W020170224608149940643.pdf

[20] Emergence – How Stupid Things Become Smart Together https://www.youtube.com/watch?v=16W7c0mb-rE

[21] Растко Вуковић: *МНОГОСТРУКОСТИ* – Избори живог и неживог света; Економски институт Бања Лука, 1918. https://archive.org/details/Mnogostrukosti

[22] Растко Вуковић: *КВАНТНА МЕХАНИКА* – репрезентација континуума (метричког и векторског простора); Економски институт Бања Лука, 2018. (на чекању) https://www.scribd.com/document/366396575/Kvantna-mehanika

[23] Robertson-Schrödinger formulation of Ozawa's uncertainty principle. Catarina Bastos et al 2015 J. Phys.: Conf. Ser. 626 012050. https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/626/1/012050/pdf

[24] [3] Thompson, W.J. (1994). Angular Momentum: an illustrated guide to rotational symmetries for physical systems. 1. Wiley. p. 5. ISBN 0-471-55264-X.

[25] Rastko Vuković: *Bernoulli's attraction* (September 13, 2019) https://www.academia.edu/40349717/Bernoullis_attraction

[26] Растко Вуковић: *ЕНТРОПИЈА* – информација термодинамике; Архимед Бања Лука, август 2016. https://archive.org/details/Informacija2/

[27] I.A. Pshenichnyuk: *Pair interactions of heavy vortices in quantum fluids*; Skolkovo Institute of Science and Technology Novaya St., 100, Skolkovo 143025, Russian Federation (Dated: May 30, 2017). https://www.researchgate.net/figure/Bernoulli-force-responsible-for-the-repulsion-and-attraction-of-heavy-vortices-plotted-as_fig4_317229899

[28] Ofer Moshe, Gravity, January 2021. https://www.academia.edu/s/116ac78a12

[29] Rastko Vuković: *About parallel reality II* (January 10, 2020). https://www.academia.edu/44876245/About_parallel_reality_II

[30] Thomas Cuff, Frederick Community College: *The STM* (Scanning Tunneling Microscope) – The forgotten contribution of Robert Francis Earhart to the discovery of quantum tunneling. February 2016